



**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMÈRI DE TIZI OUZOU
FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE**

DOMAINE DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master en Géologie

Spécialité : Ressources Minérales et Environnement



Encadré par :

Mr. L.SAMI

Réalisé par :

Mlle. BENZID Yasmine

Mlle. HALIMI Leticia

Soutenu le : 25 novembre 2015

Devant le jury composé de :

Mr. H. Zeghouane	Maître assistant	FSBSA/UMMTO	Président
Mr. L. Sami	Maître de Conférences	FSBSA/UMMTO	Rapporteur
Mr. Boutaleb	Professeur	FSTGAT/USTHB	Examineur
Mr. A. Hamis	Maître assistant	FSBSA/UMMTO	Examineur

Promotion 2014/2015

Remerciements

« On ne peut rien enseigner à autrui.

On ne peut que l'aider à le découvrir lui –même »

Galilée

Au terme de cette étude, nous tenons de prime abord à exprimer notre gratitude à Dieu, notre créateur et le seul créateur de la création.

Nos vifs remerciements vont à notre promoteur Monsieur L.Sami qui nous a proposé et dirigé ce travail. Il nous a fait profit de ses connaissances, de son expérience de géologue de terrain et de sa magnanimité.

Nous sommes particulièrement reconnaissantes à tous ceux sans qui ce mémoire ne serait pas ce qu'il est : aussi pour les discussions qu'on a eu la chance d'avoir avec eux, leurs suggestions et le matériel qu'ils ont mis à notre disposition. Nous pensons ici à Monsieur A.Boutaleb et Monsieur O. Kolli de L'USTHB. Sans eux les conditions de travail seraient sans doute très différentes et beaucoup moins agréables.

Nos sincères remerciements s'adressent à Monsieur M.Issaad pour son aide précieuse sur le terrain.

Nous remercions Monsieur H.Zeghouane qui nous a fait l'honneur de présider ce jury.

Nos remerciements vont à Monsieur A.Hamis pour avoir bien voulu examiner ce mémoire.

Nous tenons par la même à saluer la peine et l'effort fournis par l'ensemble de nos enseignants de l'université Mouloud Mammeri (Tizi-Ouzou), afin d'assurer notre formation tout au long de notre cursus universitaire.

Madame S.Bentaalla et Monsieur Y.Lepage, merci de nous avoir guidées, encouragées et conseillées.

Enfin, nos remerciements ne seraient complets sans mentionner nos camarades notamment la section Master II et L3 (Ali et Mohand).

Dédicace :

Je dédie ce mémoire :

À mon père, si sage et si généreux, car, il souhaitait un jour que sa fille Leticia termine ses études avec succès. Il était tenace, généreux et ouvert au dialogue. Il a toujours trouvé les mots pour me pousser à aller de l'avant

À ma précieuse mère, je ne pourrai jamais la remercier pour tous les sacrifices qu'elle a faits pour moi. Sans elle je ne serai pas celle que je suis aujourd'hui.

« Que Dieu les garde pour moi. »

À ma sœur Rahma, à mon frère Juba adorés, qui n'ont économisé aucun effort pour m'apporter tout le soutien moral et matériel,

À F. Belmokhtar qui m'as soutenue, encouragée et orientée vers le bon chemin durant tout mon cursus.

À ma collègue Yasmine qui a toujours été compréhensive, indulgente et gentille. Elle a fait preuve de bonne amitié. On a passé des moments inoubliables pleins d'humour. Que notre amitié soit éternelle.

À ma très chère amie d'enfance Lydia.

À Sylvia, notre chère photographe de terrain, avec elle je n'ai jamais connu l'ennui.

À Samia que je ne saurai remercier pour son aide.

À mes voisines de la cité Lydia et Lydia.

À toutes mes amies de la cité universitaire Tamda I.

À tout mon entourage familial.

Leticia

Dédicace :

Je dédie cet humble travail :

*À mon père, pour son soutien, ces précieux conseils et sa présence à tout moment et
à toute situation.*

*À ma mère, pour tous ses sacrifices et toutes ses prières qui m'ont toujours
accompagnée, pour son attention et son affection spéciales qui m'ont assidument
comblée.*

« Que dieu les garde pour moi. »

À ma petite sœur adorée Melissa, notre rayon de soleil.

À mes grand-mères.

À mes oncles et mes tantes et leurs familles.

À mes chers cousins et cousines.

*À ma collègue Leticia qui a fait preuve de patience, de courage durant notre
formation. Elle est et restera à jamais une amie précieuse avec qui j'ai passé des
moments mémorables.*

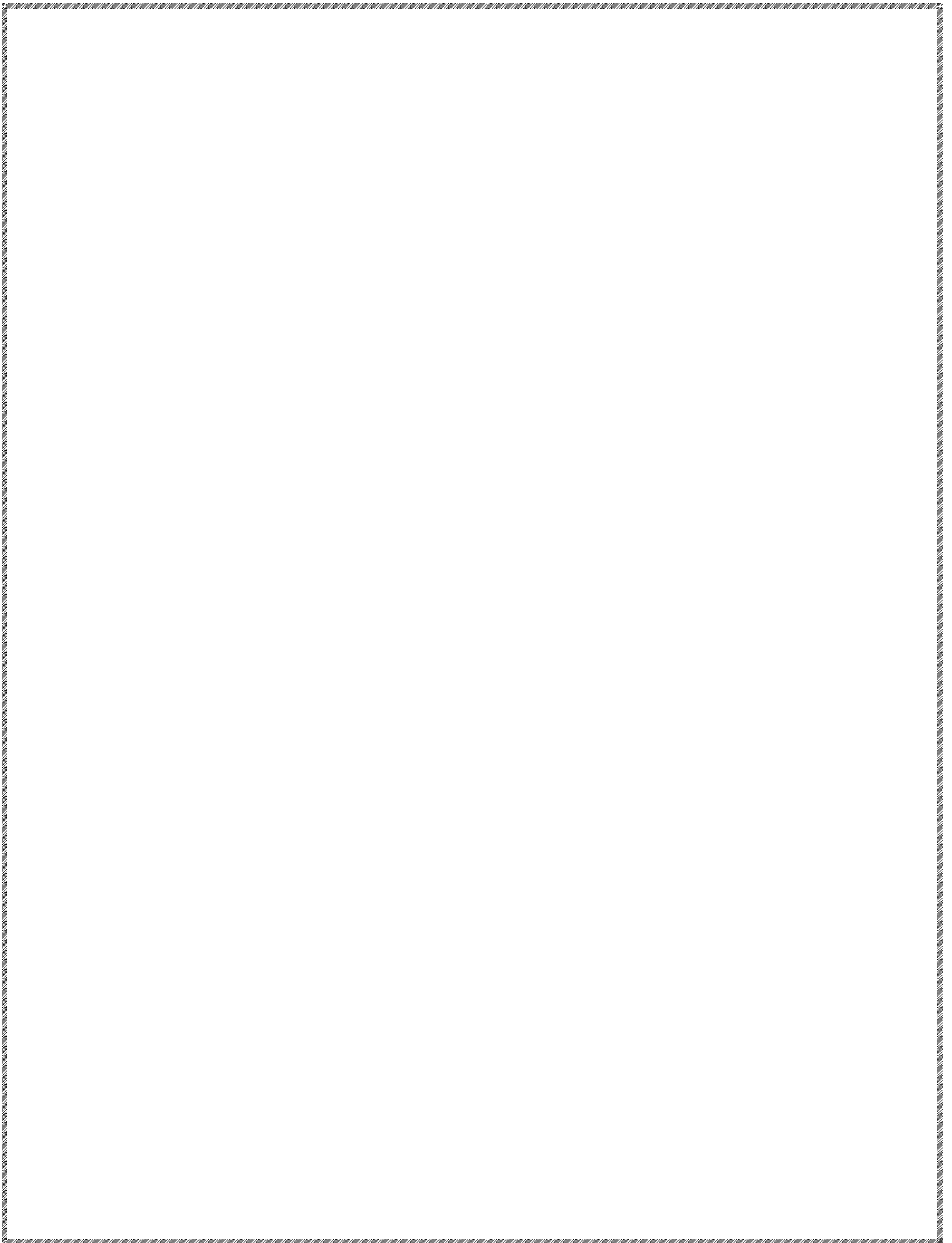
Une dédicace spéciale à Rahma pour sa générosité et sa compréhension.

*À ma chère Syla, qui avec des moyens limités, a su mémoriser tous les meilleurs
instants.*

*À Samia pour son aide très précieuse. Sans elle notre travail ne serait peut-être pas
achevé.*

À tous mes amis...

Yasmine



Liste des figures :

Fig.01 : Situation géographique de la wilaya de Tébessa.....	01
Fig.02 : schéma structurale de l'Algérie du Nord, Bracéne et al,2002, I, Achacha2012.....	06
Fig.03 : Coupe géologique montrant les formations des monts de Mellégue (Extrait de la carte géologique de Souk Ahras. Échelle : 1/200 000e).....	07
Fig.04 : Colonne lithostratigraphique synthétique des monts de Mellégue (Dubourdiou, 1956, 1959 ; David, 1956 ; Madre, 1969 ; Fleury, 1969 ; Thibiéroz et Madre, 1976 ; Chikhi, 1980 ; Bouzenoune, 1993 ; Vila et al, 2000 (Sami, 2011).....	08
Fig.05 : Carte géologique de confins algéro-tunisiens (D'après cartes géologiques au 1/50.000 de Meskiana, Morsott, El Aouinet, Boukhadra, Oued Kébarit et Ouenza) (Sami 2011).....	12
Fig.06 : Position des extrusions triasiques par rapport aux fossés d'effondrements et la répartition spatiale des principaux gisements (Aoudjehane, 1991).	13
Fig.07 : Analyse quantitative de la fracturation du secteur d'Oued kébarti (Sami 2011).....	15
Fig.08 : Rosace exprimées selon la direction des accidents (a) senestres et (b) dextres.....	16
Fig.09 : Carte paléogéographique de la Tunisie et des confins algéro-tunisien durant l'Aptien (in Beguiret.2007).....	18
Fig. 10 : Localisation de djebel Ouenza sur image satellitaire.....	19
Fig. 11 : Situation géographique de El'Ouenza.....	20
Fig.12 : Carte géologique du massif de l'Ouenza, (Dubourdiou 1956).....	21
Fig.13 : Interprétation structurale de double renversement des séries albo-aptiennes de l'Ouenza (Aoudjehane et al.1992-94 reproduite par Bouzenoune, 1993, puis par Bouzenoune et al, 1995).....	21
Fig.14 : Renversement de la série aptienne au niveau du quartier Hallatif.....	22
Fig.15 : Contacte anormale entre le Trias et l'Aptien.....	22
Fig.16 : Calcaire à Milioles et Rudistes (Hallatif).....	22
Fig.17 : Profil lithostratigraphique de Koudiat Ed Douamis (Zouaoui, 1999 ; in BEGUIRET. L. 2007).....	27
Fig.18 : Calcaires aptiens hématitisés montrant un remplacement préférentiel (Koudiat Ed Douamis).....	28
Fig.19 : Calcaire aptien sous lame mince (a) calcaires à Polypiers, (b) calcaires à Rudistes (Ru), (c) Calcaires bioclastiques(Bi).....	28

Fig.20 : Calcaire à Rudistes.....	28
Fig.21 : Faille N070, Douamis.....	29
Fig.22 : Faille de direction N050 sub verticale remplis par de calcite en placage Douamis....	29
Fig.23 : Joints stylolitiques remplis par de l'hématite dans les calcaires à milioles.....	30
Fig.24 : Joints stylolitiques remplis de matière organique dans l'Ankérîte.....	30
Fig.25 : Inventaire des indices minéralisés des confins algéro-tunisiens selon la classification d'Aoudjehane (1991) (in Sami 2011).....	32
Fig.26 : Minéralisation ferrifère encaissées dans les calcaires aptiens. (<i>Douamis</i>).....	33
Fig. 27 : Filonnet remplis par du cuivre gris.....	34
Fig. 28 : Veinule parallèle emplis par du cuivre gris.....	34
Fig.29 : Texture de remplissage de vide par cuivre gris.....	34
Fig.30 : Texture massif du cuivre gris encaissé dans l'hématite.....	34
Fig.31 : grains de cuivre gris disséminés.	35
Fig.32 : Brèche à éléments hématitique cimentés par de la calcite.....	35
Fig.38 : Géode de calcite, fluorine et quartz.....	35
Fig.34 : Ankérîte blanche et ankérîte bronze.....	36
Fig.35 : Barytine associée à la calcite lame mince. Gr 5X10(LPA).....	37
Fig.36 : Fluorine géodique e en cube violacé.....	37
Fig.37 : Quartz géodique	38
Fig.38 : Agrégat de quartz bipyramidé.....	38
Fig.39 : Quartz I et II bipyramidés. LM G X10 LPA.....	38
Fig.40 : Calcite II spathique et la calcite III scalénoédres	39
Fig.41 : (a) Inclusion biphasée dans la Calcite hydrothermale. (b) Calcite I translucide (c.d.e) Calcite III.....	39
Fig.42 : Calcite en placage.....	39
Fig.43 : Cuivre gris sous forme filonienne.....	40
Fig.44 : cuivre gris en remplissage de vide.....	40
Fig.45 : Plages de cuivre gris sous microscope Section polies LPA GX 10.....	40

Fig.46 : Cuivre gris occupant les interstices. SP, G X10, LPA.....	40
Fig.47 : Grain de Pyrite I dans la plage cuivre gris. SP, G X10, LPA.....	40
Fig.48 : Grains de pyrite disséminés.....	40
Fig.49 : Chalcopyrite en dissémination.....	41
Fig.50 : Hématites pulvérulente noirâtre	41
Fig.51 : Hématites pulvérulente rougeâtre.....	41
Fig.52 : Limonite.....	42
Fig.53 : Azurite bleue.....	42
Fig.54 : Malachite verte malachite sous microscope LM,GX10,LPA	42
Fig.55 : Covellite occupant les plans de faiblesse des plages de Gg .SP, GX10 LPA.....	42
Fig.56 : Image satellite de la mine d'El Ouenza.....	48
Fig.57 : Poussière générée par le chargement du minerai et la circulation des camions.....	50
Fig.58 : Flore avoisinant la mine affectée par la poussière.....	51
Fig.59 : Exposition du personnel aux poussières lors du concassage.....	51
Fig.60 : Poussières envahissant le village qui avoisine la mine.....	51
Fig.61 : Dégradation du paysage et décoloration des constructions.....	52
Fig.62 : Camions à moteur diesel utilisés pour le transport du minerai dans la mine.....	52
Fig.63 : Engins et explosifs générateurs de bruits et de vibrations.....	53
Fig. 64 : Chargement du minerai, l'une des sources de bruit.....	53
Fig.65 : Les explosifs, émetteurs de bruit et des vibrations.....	54
Fig.66 : Vides et cavités laissés par l'exploitation	54
Fig.67 : Déchets jetés anarchiquement dans la nature.....	55
Fig.68 : Image satellite des terrils d'El Ouenza.....	55
Fig.69 : Stock de terril à Ouenza (vue de M'khiriga).....	55
Tableaux : Tableau paragenétique probable des minéralisations de Koudiat Ed Douamis...	45

Sommaire

Chapitre I: GENERALITES

I. INTRODUCTION	2
II. BUT DU TRAVAIL	3
III. METHODOLOGIE	3
IV. HISTORIQUE DES TRAVAUX	3
V .CADRE GEOLOGIQUE	5

Chapitre II : GEOLOGIE REGIONALE

II.1. INTRODUCTION	7
II.2. LITHOSTRATIGRAPHIE	7
II.2.1 Mésozoïque.....	8
II.2.2.a Trias.....	8
II.2.3.b Jurassique	9
II.2.3.c Crétacé	9
• Barrémien.....	9
• Aptien.....	9
• Albien	10
• Vraconien	10
• Cénomaniens.....	10
• Turonien.....	11
• Sénonien.....	11
II.2.2 Cénozoïque.....	11
II.2.2.a Paléocène.....	11
II.2.2.b Éocène.....	11
II.2.2.c Miocène.....	11
II.2.2.d Quaternaire.....	12
II.3 CADRE TECTONIQUE.....	13
II.3.1 La subsidence.....	14
II.3.2 Le diapirisme.....	14
II.3.3 Les structures tectoniques.....	14

Sommaire

III.3.3.a Les plissements.....	14
III.3.3.b La fracturation.....	14
III.3.4 Les fossés d'effondrement.....	17
II.4 EVOLUTION PALEOGEOGRAPHIQUE.....	17

Chapitre III : GEOLOGIE LOCALE DU GISEMENT D'EL OUENZA

III.1 INTRODUCTION.....	19
III.2 CADRE GÉOLOGIQUE D'EL OUENZA.....	20
III.3 LITHOSTRATIGRAPHIE.....	20
III.3.1 triasiques.....	21
III.3.2 Les formations aptiennes.....	22
III.3.2.a Les formations de sainte barbe.....	23
III.3.2.b La formation des calcaires d'El Ouenza.....	23
III.3.2.c Les formations des marnes et calcaires gréseux de Ain El Guenaria.....	24
III.3.3 Les formations albiennes.....	24
III.4 Tectonique du gisement.....	24
III.4.1 tectonique souple.....	25
III.4.2 tectonique cassante.....	25
III.5 Conclusion.....	26

Chapitre IV : GEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE

IV.1 Introduction.....	27
IV.2 Lithostratigraphie.....	27
IV.2.1 Trias.....	28
IV.2.2 Aptien.....	28
IV.3 Cadre tectonique	29
IV.3.1 Tectonique souple	29
IV.3.2 Tectonique cassante	29
IV.4 Conclusion.....	31

Sommaire

Chapitre V : GÎTOLOGIE

V.1 Introduction.....	31
V.2 Présentation de la minéralisation.....	32
V.2.1 Minéralisation ferrifère.....	32
V.2.2 Minéralisation polymétallique.....	33
V.3 Étude texturale	34
V.4 Etude pétrographique et minéralogique.....	36
V.4.1 Minéraux de gangue.....	36
V.4.2 Les sulfures.....	39
V.4.3 Les oxydes.....	41
V.5 Succession paragenétique.....	43

DEUXIEME PARTIE : ENVIRONNEMENT

ETUDE D'IMPACT DE L'EXPLOITATION DE LA MINE D'EI OUENZA

I Introduction.....	46
II Les facteurs intervenant dans le transport et la diffusion des polluants.....	46
II.1 Les facteurs météoriques.....	46
II.2 Les facteurs physiques.....	47
II.3 Emission, transport, dégradation et dépôt.....	47
III Principales caractéristiques de la zone d'étude.....	47
III.1 La population.....	48
III.2 Le climat.....	48
III.3 Le réseau hydrographique.....	48
III.4 Cadre biologique.....	48

Sommaire

IV Présentation de la mine.....	48
V Méthode d'exploitation.....	49
VI Étapes d'exploitation.....	49
VII Sources de pollution.....	49
VIII Impact des polluants sur l'environnement par la mine d'El Ouenza.....	50
VIII.1 Impact des poussières.....	50
VIII.2 Impact des gaz et lubrifiants.....	52
VIII.3 Impact des vides et vibrations.....	53
VIII.4 Impact sur l'eau et le sol	54
VIII.5 Impact des fossés et des vides.....	54
VIII.6 Impact des déchets.....	55
IX Mesures d'atténuation.....	55
X Conclusion	57
CONCLUSION GENERALE	58

Résumé :

Entre l'Oued Mellégue et les monts de Tébessa, le Djebel Ouenza auquel apparie notre secteur d'étude de Koudiat Ed Douamis, fait partie de cette série de chaînons à cheval sur la frontière algéro-tunisienne. Il est constitué par des calcaires aptiens récifaux et un Trias diapirique gypso-salin. Ces calcaires ont subi une métasomatose qui a donné naissance à une sidérite qui s'est oxydée en hématite.

L'ensemble des formations carbonatées est affecté par une tectonique souple et cassante, qui se traduit respectivement par le grand pli dont l'axe est orienté NE-SW qui renferme en son cœur un Trias diapirique gypso-salin, et des failles de directions dominantes NE-SW, NW-SE et d'autres de moindre importance orientées N-S et E-W.

La minéralisation polymétallique est liée spatialement à la faille principale qui est orientée NE-SW. Elle est constituée essentiellement de galène, pyrite, chalcopryrite, fluorite, barytine et cuivre gris. Ce dernier a pôle tétraèdrite se trouve sous forme d'amas, de filons et en disséminations dans l'encaissant carbonaté.

Dans ce présent travail, nous avons donné un petit aperçu sur l'impact de l'exploitation du minerai ferrifère sur l'environnement et la santé publique. Les émissions de poussière, de bruits et de vibrations, sont des impacts désavantageux, qui, néanmoins, font partie du quotidien des habitants d'El Ouenza.

Mots clés : calcaire Aptien récifaux ; Trias Diapirique ; métasomatose ; sidérite ; minéralisation polymétallique ; cuivre gris ; tétraèdrite.

Abstract:

Between the river and the mountains Mellègue in Tebessa, Jebel Ouenza, exactly our study area which is Koudiat Ed Douamis, is part of this series of links riding on the Algerian-Tunisian border. It consists of Aptian reef limestone and diapiric gypso-Triassic salt. These have undergone metasomatic limestone which gives birth to a siderite which is oxidized to hematite.

All of carbonate formations is affected by a soft and brittle tectonics, reflected respectively by the large fold whose axis is oriented NE-SW, which, at its heart a flush diapiric Trias ,also the dominant directions faults NE -SW, NW-SE and other minor oriented NS and EW.

The polymetallic mineralization is spatially related to the main fault that is oriented NE-SW. It essentially consists of galena, pyrite, chalcopyrite, fluorite, barite and gray copper. The latter is tetrahedrite pole form of clusters, veins and disseminations in carbonate rocks.

In this present work, we gave a little insight on the impact of the exploitation of iron-bearing minerals on the environment and public health. Dust emissions, noise and vibration, are disadvantageous impacts, which nevertheless are part of everyday life for the inhabitants of El Ouenza.

Keywords: Aptian limestone reef; Trias diapiric; metasomatism; siderite; polymetallic mineralization; gray copper; tetrahedrite.

Le cuivre est un métal naturellement présent dans la croûte terrestre et essentiel au développement de plusieurs secteurs. Les minerais cuivreux sont sous deux formes chimiques principales qui conditionnent leur traitement :

-**Sulfurée**: représente 80 % de la production mondiale, elle comprend la chalcopirite, bornite chalcosine Ces gisements sont principalement de type porphyres cuprifères.

- **Oxydée** : (principalement sous forme de carbonates):malachite azurite cuprite Les minerais oxydés sont souvent présents dans les parties supérieures des gisements, zones d'altérations importantes, le cœur de ces derniers étant sulfuré.

L'extraction du cuivre gris a connu un essor durant la période romaine au Nord-Est de l'Algérie plus précisément dans la région d'El Ouenza.

Cette présente étude est réalisée afin de pouvoir caractériser le cuivre gris et de déterminer les conditions de sa mise en place pour mieux l'explorer pour une éventuelle exploitation.

Enfin un aperçu environnemental a été proposé dans le dernier chapitre, afin d'évaluer les impacts directs ou indirects de l'activité minière d'El Ouenza sur l'équilibre écologique, ainsi que le cadre et la qualité de vie dans les différents espaces : L'espace restreint qui concerne la zone même de l'activité, l'espace d'influence ou se font sentir les nuisances (bruits, odeurs, paysage, polluants, etc.) Et l'espace étendu qui comprend les espaces éloignés, affectés par les polluants et nuisances engendrées par l'activité minière en particulier.

Chapitre I : GENERALITES

I. Introduction :

La wilaya de Tébessa est localisée à plus de 800 km à l'Est d'Alger non loin de la frontière tunisienne. Elle fait partie intégrante de ce que l'on appelle les confins algéro-tunisiens. Elle couvre une superficie de 13 878 km² et s'étend sur près de 100 km de long depuis la daïra d'Aouinet à celle de Negrine du Sud(**Fig.01**). La région étudiée constitue la partie Nord-Est du chef-lieu de la wilaya. Pour Dubourdiu (1956), elle appartient à la zone préatlasique ; pour d'autres auteurs (Flandrin, 1932 ; Laffitte, 1939 ; Madre 1969 ; Kazi Tani, 1986 et Guiraud 1973, 1990), elle fait partie de l'Atlas Saharien Oriental, et ceci en raison de :

1. La direction atlasique des anticlinaux et synclinaux.
2. La morphologie, marquée par des reliefs isolés qui surgissent comme des îles au-dessus des régions basses uniformes.
3. Le climat, particulièrement rude, qui est celui des steppes subarides avec un été très chaud et sec, et un hiver froid.
4. La végétation, généralement steppique avec de rares forêts de pins d'Alep. Seules quelques terrasses sont cultivées.



Fig.01 : Situation géographique de la wilaya de Tébessa.

II : But du travail :

Le présent travail a pour but d'étudier la minéralisation cuprifère du quartier de Koudiat Ed Douamis, observer son contexte géologique afin d'établir une relation entre la mise en place de la minéralisation et de son encaissant, et essayer de mettre en évidence les métallotectes qui la contrôlent.

Ce travail rentre dans le cadre de la préparation du mémoire de fin d'étude en Géologie minière.

III. Méthodologie :

Pour bien mener notre travail, nous avons opté pour la méthodologie suivante :

- **Au bureau :**

Compilation bibliographique.

- **Sur le terrain :**

Échantillonnage au niveau de l'encaissant et de la minéralisation.

- **Au laboratoire :**

Réalisation des sections polies par les méthodes classiques.

Réalisation des lames minces.

Étude minéralogique et pétrographique des minéralisations et de leur encaissant.

IV. Historique des travaux :

Les premiers travaux miniers dans la région remontent à l'époque romaine. Il semble que les romains aient écremé les gîtes de plomb et de cuivre comme l'atteste la présence de scories, de galeries et de puits carrés caractéristiques de cette époque.

Plus tard les autochtones s'intéressèrent au fer et exploitèrent celui d'El Ouenza (appelé alors Majjanet-El-Maâdin) et ce dès les VI-VIII^e siècles de l'Hégire, soit entre les XII-XIV^{ème} siècles de l'ère chrétienne.

À partir de 1973, la SONAREM entreprit des travaux de recherches systématiques dans toute la région du Sud-Est constantinois. Ces travaux ont été révisés et complétés par l'EREM de 1987 à 1992 et se sont poursuivis par ceux de l'ORGM de 1992 à 1995.

Des travaux concernant l'étude des différents indices prospectifs de la région ont été repris à partir de 2000 et se sont poursuivis jusqu'en 2005.

Parallèlement, des études universitaires portant sur la géologie structurale, la stratigraphie, la paléontologie et la gîtologie de cette région, ont été entreprises, d'abord par Termier (1906) et de Blayac (1912), qui ont porté sur la paléontologie et la stratigraphie de la région d'El Ouenza.

De 1949 à 1959 Dubourdiou a réalisé la carte géologique au 1/50 000e de Djebel Ouenza. Ses recherches ont abouti à la publication d'une monographie sur la géologie du Djebel Ouenza, ainsi qu'un numéro spécial sur la géologie du Djebel Mesloul.

Thibieroz et Madre (1969) décrivent dans leurs travaux la formation carbonatée d'Ouenza. Ils regroupent les différents faciès pétrographiques des formations aptiennes en trois unités :

- 1) une unité inférieure marneuse renfermant des calcaires à polypiers ;
- 2) une unité moyenne constituée par des calcaires à milioles et rudistes ;
- 3) une unité supérieure formée essentiellement de calcaires à débris d'organismes.

Masse et Thieuloy en 1979, dans une étude régionale s'intéressant à l'Aptien sud-constantinois, apportent quelques précisions concernant la paléogéographie des formations carbonatées d'El Ouenza et parlent de plate-forme carbonatée à caractère régional.

Enfin Chikhi-Aouimeur (1980) s'est intéressée dans ses travaux à l'étude des rudistes de l'Aptien supérieur de Djebel Ouenza et confirme ainsi le caractère récifal des calcaires aptiens déjà proposé par Dubourdiou (1956).

Sur le plan gîtologique quelques travaux ont été entrepris dans cette région. Les premiers sont ceux de Madre en 1969 qui ont concerné les minéralisations ferrifères d'El Ouenza.

Toujours sur les minéralisations ferrifères, en 1993 Bouzenoune, dans une étude pétrographique, minéralogique et géochimique des carbonates de fer du gisement d'El Ouenza, apporte de nouvelles données et compare les minéralisations avec celles des gisements de type MVT (Mississippi Valley Type).

Parmi les autres travaux, on citera ceux d'Otmanine (1987), qui ont porté sur les minéralisations de F, Ba, Pb, Zn et Fe sidéritique autour du fossé de Tébessa/Morsott.

Ces travaux ont permis de caractériser ces minéralisations au point de vue minéralogique et métallogénique. Ils ont aussi montré le rôle joué par le Trias diapirique dans la mise en place de ces minéralisations. Ceux de Haddouche (2003) portant sur les minéralisations d'El Ouasta ont mis en évidence une minéralisation dans le Turonien à faciès Bahloul similaire à celui de Bougrine en Tunisie, et ceux de Sami (2004) dans les régions de M'Khiriga et Es Souabaa ont permis de mettre en évidence de la fluorine et de la nacrite à Es Souabaa. Les travaux de Salmi-Laouar (1998 et 2004) ont permis de confirmer la source triasique du Soufre grâce aux données des isotopes stables de l'indice de Boujaber

V. Cadre géologique :

La région d'étude, dénommée par Dubourdieu (1956) monts de Mellégue, fait partie intégrante de l'Atlas saharien oriental, qui se poursuit en Tunisie par l'Atlas tunisien. Il s'agit d'une chaîne de montagne caractérisée par des anticlinaux et synclinaux perchés orientés suivant une ligne directrice NE-SW.

Avant d'entamer l'étude de la géologie du secteur, nous présenterons d'abord les grands traits structuraux et la série stratigraphique de l'Atlas saharien et des monts de Mellégue et de Tébessa.

V.1 Les grands traits structuraux de l'Atlas Saharien :

L'Atlas saharien est structuré en trois faisceaux de plis organisés en échelons. Ils forment du SW vers le NE les monts de Ksour, le djebel Amour, les monts de Oued Nail, les Aurès et les monts de Mellégue et les Nememcha. Il s'agit d'une alternance d'anticlinaux et synclinaux coffrés à flanc Sud très redressé et à fond plat (Flamant, 1911). Dans la région des Nememcha et les monts de Mellégue l'orientation de ces plis est ENE-WSW (**Fig.02**).

V.1.1- L'Accident Nord atlasique :

C'est un accident de socle qui apparaît localement au niveau des monts de Ksour sous forme de relais de direction NE-SW (Cornet, 1952) et sous forme d'un accident E-W dans la région de Boussaâda (Laffite, 1939). Il est interprété comme une faille bordière qui sépare les hauts plateaux de l'Atlas saharien. Cornet (1952) puis Guiraud (1973, 1990) subdivisent l'Atlas saharien en deux zones pré-atlasiques et atlasiques sensu stricto. Cet accident a été réactivé à différentes reprises pendant l'histoire de la chaîne alpine, au Jurassique, au Crétacé et à l'Éocène moyen voir même postérieurement (Kazi-Tani, 1986)

V1.2- L'Accident Sud atlasique : Il va d'Agadir au Maroc jusqu'à Gabès en Tunisie. Il sépare l'Atlas saharien de la plate- forme saharienne. Il est formé de plusieurs segments organisés en relais et de significations différentes. (Laffite en1939) définit la nature de cet accident comme étant une bande formée d'une série de flexures se relayant d'Est en Ouest.

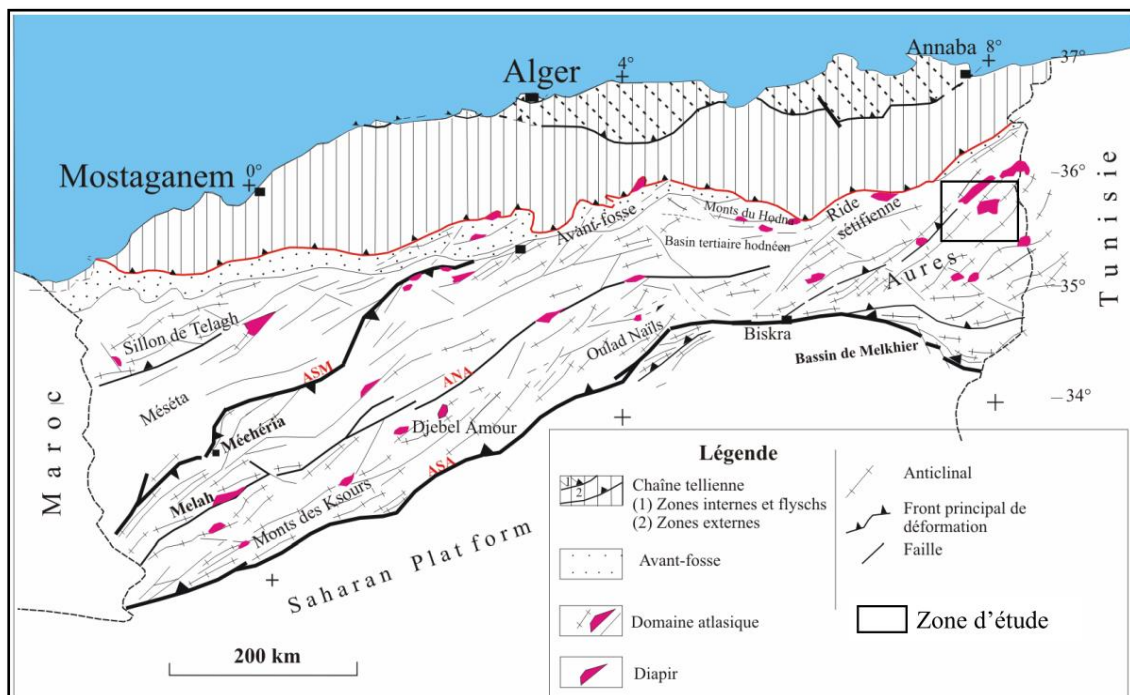


Fig 02 : Schéma structural de l'Algérie du Nord ; Bracène et al ,2002 ; In A.Chacha , 2012)

Chapitre II :
GEOLOGIE REGIONALE

II.1 Introduction

Dans les confins algéro-tunisiens, entre les monts du Mellégué au Nord et la flexure saharienne au Sud, s'étend sur une centaine de kilomètres la large zone dite « zones des diapirs » (Dubourdiou, 1956 ; Perthuisot, 1978 ; Rouvier et Perthuisot, 1992).

Dans l'ensemble de la région, les masses triasiques extrudées sont bordées par d'importantes formations calcaires, classiquement rapportées à l'Aptien et attribuées à une sédimentation récifale (Dubourdiou, 1956, 1959).

Ces dépôts se sont mis en place sur des hauts fonds contrôlés par les intumescences diapiriques (Masse et Thieuloy, 1979).

Toutes les aires diapiriques du NE algérien sont quasiment calquées sur les traces de linéaments profonds et s'allongent de part et d'autre des fossés suivant les axes NE-SW. En dehors du Trias évaporitique, les terrains qui affleurent dans l'Atlas Saharien Oriental sont caractérisés par des dépôts allant du Crétacé inférieur au Miocène (Dubourdiou, 1956). (**Fig.03**).

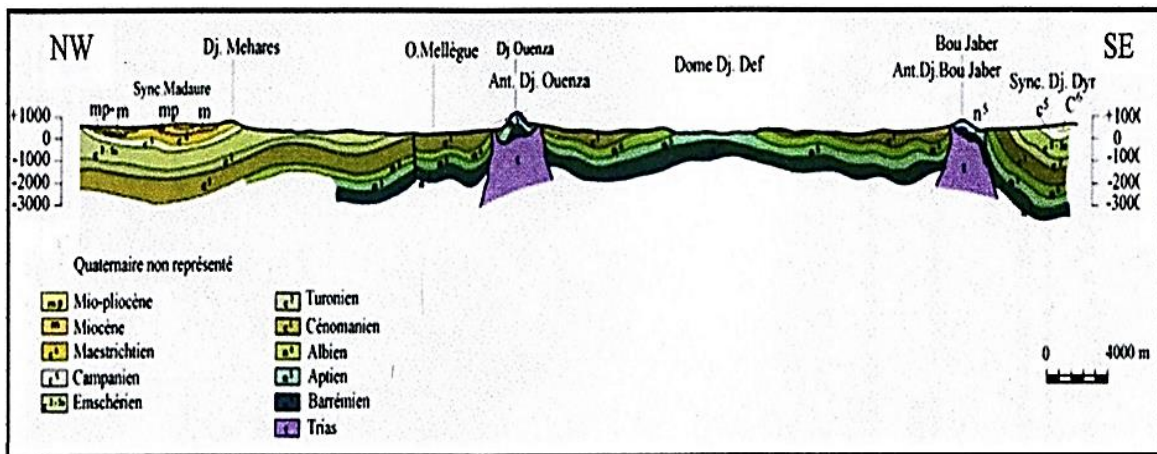


Fig.03 : Coupe géologique montrant les formations des monts de Mellégué (Extrait de la carte géologique de Souk Ahras. Échelle : 1/200 000^e).

II.2 Lithostratigraphie

La série lithostratigraphique des monts de Mellégué englobe des terrains appartenant au Mésozoïque et au Cénozoïque (**Fig.04**) et (**Fig.05**).

		Lithologie	Epaisseur (m)	Description lithologique		
CENOZOÏQUE	Quaternaire		⑥ 10-30	Dépôts clastiques d'origine continentale.		
	Palaéogène	Miocène		⑤ 10-150	Conglomérats à grains variés avec un ciment carbonaté, grès quartzeux et calcaire sableux avec intercalations d'argilites.	
		Eocène		200	Calcaires marneux à silex et intercalations de phosphates par endroits dans le mur.	
MÉSOZOÏQUE	I N F E R I E U R	E U R	Maest.		250-300	Calcaires gris clairs, calcaires crayeux et marnes argileuses avec intercalation d'argiles dans la partie supérieure.
			Campan.		500-600	Marnes argileuses gris-foncées et des calcaires blancs dans la partie moyenne et supérieure.
		S U P E R I E U R	Con-Sant.		④ 500-600	Marnes argileuses grises et grises bleuâtres.
			Turo		180-250	Calcaires en bancs, partiellement marneux à teinte noire et gris-foncée.
		C É N O M A N	Cénom.		③ 900-1000	Marnes gris-verdâtres et grises dans la partie supérieure, avec intercalations de calcaires marneux.
			Vracon.		② 500-600	Marnes et marnes-argileuses avec intercalations de calcaires argileux et argilites.
		S R I E U R	Albien		480-600	Marnes grises et gris-foncées, noires dans la partie supérieure avec de minces intercalations de calcaires argileux.
			Clans		100-200	Marnes grises, gris-jaunes partiellement avec des intercalations de calcaires.
			Aptien		① 300-600	1- Faciès clastique, marnes argileuses avec intercalations de marnes sableuses et grès calcaires. 2- Faciès carbonaté, calcaires organo-détritiques, bioclastes, ooclastes et interclastes.
			Barrém		< 250	Calcaires et dolomies, argilites et argiles dans la partie supérieure (Grès à Mesloulia).
Jurassique		? < 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.			
Trias		< 700	Formations marno-gypsifères bariolées avec peu d'intercalations de grès à grains fins, dolomies et calcaires marno-dolomitique.			

Fig.04 : Colonne lithostratigraphique synthétique des monts de Mellègue (Dubourdiou, 1956, 1959 ; David, 1956 ; Madre, 1969 ; Fleury, 1969 ; Thibiéroz et Madre, 1976 ; Chikhi, 1980 ; Bouzenoune, 1993 ; Vila *et al*, 2000 (Sami, 2011).

II.2.1 Mésozoïque :

II.2.1.a- Trias : Le Trias de l'Atlas Saharien Oriental - dont font partie les monts de Mellègue - est considéré comme diapirique (Flandrin, 1932). Il occupe le cœur des structures anticlinales qui constituent des étendues chaotiques, intensément déformées, bréchifiées et écrasées. Dans sa

majeure partie ce Trias est représenté par un mélange d'argiles bariolées, marnes, grès et gypse emballant des blocs rocheux insolubles de dolomies noires (dans la plupart des cas), de grès micacés, de calcaires, cargneules et ophites (Dubourdiou, 1956).

II.2.1.b- Jurassique :

Dubourdiou (1956), dans son étude sur la région d'El Ouenza n'a pas rencontré de formations datées du Jurassique. Madre (1969), affirme que le Jurassique n'apparaît ni en surface ni en sondage. Dans leurs études de levé de la carte géologique d'Ain Télijdène au Sud de Tébessa, un chicot de dolomie prélevé dans les blocs remontés par le Trias a été daté du Jurassique par (Vila et al. 1993). Ceci prouve son existence mais à de très grandes profondeurs que les sondages n'ont pas encore atteintes.

II.2.1.c Crétacé :

▪ Barrémien :

D'après Dubourdiou (1956), au Djebel Harraba, le Barrémien est représenté par des marnes argileuses grises non fossilifères, et au niveau de l'anticlinal de Sidi Embarka à 2 km au SE du Djebel Harraba le même auteur décrit un Barrémien marno-argileux à intercalations de calcaires argileux, surmontés par un Bédoulien marno-gréseux et calcaro-gréseux.

▪ Aptien :

Les formations aptiennes apparaissent souvent dans le noyau des anticlinaux et au voisinage immédiat des formations triasiques. Elles constituent la majeure partie de tous les reliefs importants (Ouenza, Mesloul, M'Khiriga, Kef Rekhma et Boudjaber). L'épaisseur moyenne des séries aptiennes est de 700 m, ce qui traduit une forte subsidence du bassin.

Dubourdiou (1956) a attribué ces formations calcaires à un faciès urgonien correspondant à une sédimentation récifale. Cette période est caractérisée par des bombements sous-marins (premiers indices de l'activité diapirique) favorables à la construction des formations récifales (Mesloul et Ouenza). Cet Aptien est constitué par plusieurs formations, on en distingue de bas en haut :

- une formation inférieure anté-récifale de 200 m d'épaisseur ;
- une formation récifale épaisse de 300 m riche en fossiles ;
- une formation post-récifale de 100 à 150 m érodée ;
- un niveau dit à « Clansayes » de 40 m environ qui termine la formation aptienne.

▪ **Albien :**

L'Albien a été individualisé par Dubourdiou (1959) qui y distingue trois termes, de bas en haut : un niveau de 20 à 50 m, constitué de marnes argileuses jaunes ou brunes, riches en Gastéropodes, suivit d'un niveau moyen de 100 m, constitué de calcaires noirs à intercalation marneuses et enfin, un niveau supérieur de 75 m de puissance, constitué d'argiles et de marnes noires avec des minces intercalations marno-calcaires.

À Ouenza, Vila et al. (1994), ont mis en évidence l'existence de ces formations dans le périclinale SW et dans le périclinale de Damous el Hammam et à Djebel Ladjebel sur une cinquantaine de mètres d'épaisseur.

▪ **Vraconien :**

Le Vraconien quant à lui est représenté par un faciès argilo-marneux marquant ainsi un changement dans la sédimentation qui était essentiellement calcaire à marno-calcaire jusqu'à l'Albien. La série représentative de ce Vraconien a été décrite à Boukhadra (Dubourdiou, 1956).

Elle comprend une épaisse série de 600 m qui ressemble à celle de l'Albien supérieur. Elle est constituée de marnes à passées calcaires et marno calcaires à empreintes d'ammonites. Par contre, à Mesloula, des marnes vertes ont été observées, elles sont difficiles à distinguer de celle du Cénomaniens sus-jacent.

▪ **Cénomaniens :**

Le Cénomaniens présente des marnes argileuses verdâtres de 750 à 1100 m d'épaisseur caractérisées par des intercalations de calcite fibreuse « beef ». Ces structures sont composées de fibres perpendiculaires à leur allongement et présentent toujours une structure « cône in cône ». À Ouenza et à Mesloula, Dubourdiou (1959) distingue deux niveaux :

- A la base : marnes jaunes avec des intercalations marno-calcaires blanches feuilletées
- Au sommet : calcaires argileux gris blanchâtres contenant quelques niveaux de

calcaires gris-noirs très durs. Ces intercalations présentent le plus souvent un caractère lumachellique renfermant beaucoup d'huîtres, d'autres Lamellibranches et de Gastéropodes

À l'approche du Turonien, la sédimentation change rapidement et les dépôts deviennent chargés en carbonates de chaux (Dubourdiou, 1956). Dans la région de Morsott, Fleury (1969) décrit une série d'environ 600 m d'épaisseur, qu'il subdivise en trois niveaux :

A la base 200 à 250 m des marnes grises à Échinodermes avec des plaquettes de calcite fibreuse suivies de 350 m de marnes à lumachelles à nombreuses passées calcaires.

Au sommet un mince niveau de 20 m d'épaisseur, de marnes calcaires gris foncé un peu schisteux qui fait la transition avec les calcaires turoniens (faciès Bahloul [Burolet, 1956 ; Orgeval, 1986]).

▪ **Turonien :**

Très développé, le Turonien peut atteindre 1 000 m d'épaisseur (Dubourdiou, 1956, 1959). Il est représenté par des calcaires et marno-calcaires avec de nombreuses empreintes d'inocérames, suivis par une puissante formation de marnes argileuses riches en ammonites, huîtres, et divers Lamellibranches.

▪ **Sénonien :**

Le Sénonien est représenté par une formation calcaro-marneuse à la base (Coniacien, Santonien) ne dépassant pas les 300 m à l'Est de Djebel Boudjaber et à l'Ouest de Djebel Ouenza (Dubourdiou, 1956), suivi par le Sénonien supérieur (Campanien – Maastrichtien) de 200 à 600 m d'épaisseur visible au Sud de Tébessa composé de calcaires marneux, marnes gypsifères, surmontés par des calcaires massifs riches en rognons de silex, décrits dans le synclinal de Kalâat es-Senan en Tunisie (Dubourdiou, 1956).

II.2.2 Cénozoïque

II.2.2.a-Paléocène :

La base du Paléocène présente des marnes analogues à celles du Maastrichtien supérieur qui s'intercalent avec des couches phosphatées dans les niveaux supérieurs.

II.2.2.b-Éocène :

Il n'est représenté qu'à Kalâat es-Senam à l'Est d'Ouenza, au-delà de la frontière algéro-tunisienne, où il constitue les épaisses tables nummulitiques (table de Jugurtha).

II.2.2.c-Miocène :

Il s'agit d'une formation marine transgressive et discordante sur les formations du Crétacé. Elle est un peu épaisse (400 m) et affleure à Ouenza sous forme de marnes et de grès transgressifs sur l'Albien - Sénonien et même sur les évaporites triasiques (Bouzenoune,

1993). Il comprend aussi des conglomérats à grains variés avec un ciment carbonaté et des calcaires à intercalations d'argilites, remaniant des éléments de silex (Dubourdiou, 1956).

II.2.2.d-Quaternaire :

Le Quaternaire est représenté par des formations continentales (Dubourdiou, 1959), des dépôts argileux et conglomératiques dont l'épaisseur est supérieure à 170 m dans quelques fosses (Dubourdiou, 1956).

On distingue de bas en haut :

Une importante croûte calcaire résultant de l'évaporation d'eau chargée en calcium.

Des cailloutis et poudingues.

Des éboulis et brèches dont l'âge s'étend sur tout le Quaternaire.

Des terrasses alluviales et des limons très récents.

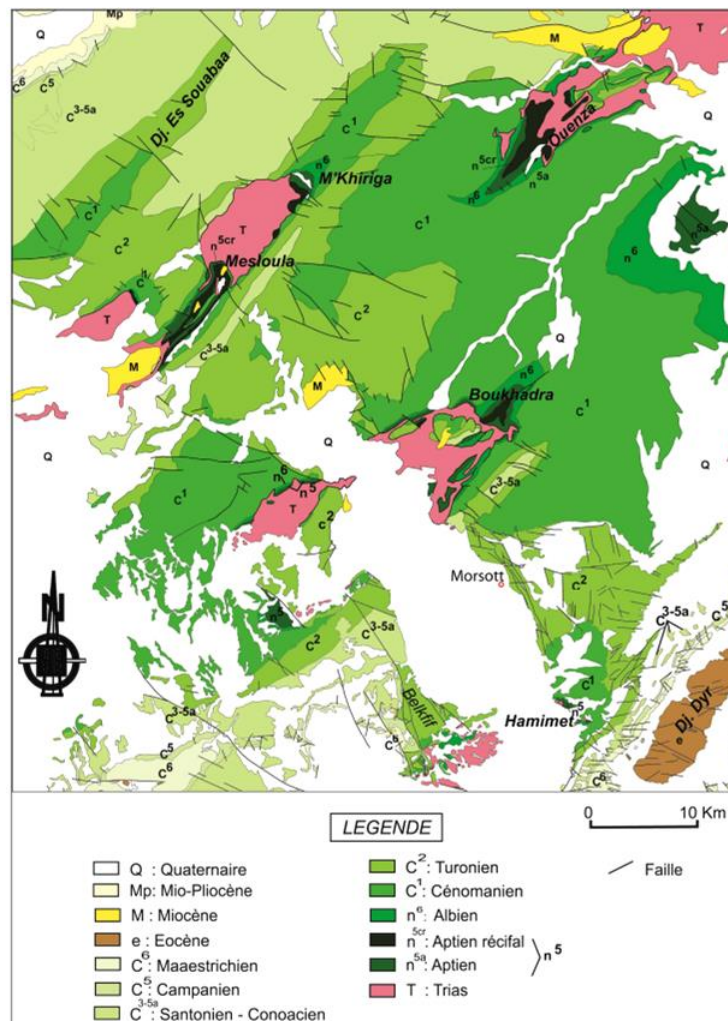


Fig.05 : Carte géologique de confins algéro-tunisiens.

(D'après cartes géologiques au 1/50.000 de Meskiana, Morsott, El Aouinet, Boukhadra, Oued Kébarit et Ouenza) (Sami 2011)

II.3. 1. - La subsidence :

Au cours de Crétacé, la tendance générale qui caractérise le bassin de l'Atlas Saharien est une subsidence considérable, rapide et continue (près de 5000m de sédiments post-aptiens) entraînant des poussées horizontales de direction NE- SW. Cette subsidence est suivie d'un bombement sous-marin formant des hauts- fonds de direction NE- SW qui sont causés par l'activité diapirique à partir des fractures profondes du socle (Masse et al, (1982) et Bouzenoune, (1993).

II. 3. 2. - Le diapirisme :

L'Atlas Saharien oriental se fait remarquer par une intense activité diapirique au cours du Crétacé et du Tertiaire et même au Quaternaire(Sami.2011). A l'affleurement, le diapir s'allonge sur une bande de 80 km environ. Il est contrôlé par le fluage et l'ascension (Perthuisot.1988).

II.3.3- les structures tectoniques :

Les confins algéro-tunisiens se spécifient par des structures tectoniques qui sont les suivantes :

- Les plissements qui se traduisent par des anticlinaux complexes.
- Les failles majeures affectant les formations dures, accompagnées par des décrochements dextres et senestres.
- Les fossés d'effondrement.

II.3.3.a Les plissements :

Les structures plissées des zones des diapirs des confins algéro-tunisiens sont de direction NE-SW. Elles sont souvent percées par des intrusions triasiques. L'âge exact de ces plissements est très discuté, il est compris entre l'Éocène et le Miocène marin. (Dubourdiou et al 1950; Dubourdiou, 1956, 1959; Blès et al, 1969; Vila, 1980; Kazi Tani, 1986).

II.3.3.b La fracturation :

Suite à une analyse d'une rosace établie à partir d'une trame de fracturations, deux directions majeures ont été mises en évidence, une classe avec une prédominance NE-SW (N120- N140) et une autre ENE-WSW (N040-N060), et deux autres N-S et E-W. **(Fig.07).**

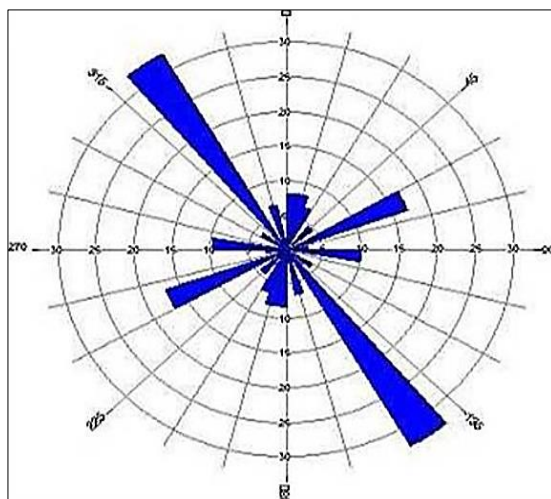


Fig.07 : analyse quantitative de la fracturation du secteur d'Oued Kébarit (Sami 2011)

Les accidents dextres et senestres ont révélé que la majorité des accidents dextres sont orientés E-W, alors que ceux senestres sont de direction NW-SE, SW et N-S. (Sami 2011). (Fig08).

▪ **Les accidents NW – SE :**

Ils sont rapportées à la phase atlasique « fini Eocène » responsable des structures plicatives « atlasique » (Laffite, 1939 ; Kazi Tani, 1986 ; Guiraud, 1973 ; 1990). Ils correspondent à la direction des fossés d'effondrements matérialisée par deux familles :

-Décrochements en majorité senestre.

-Failles normales, surtout aux abords des fossés d'effondrements.

Certaines de ces fractures peuvent être aussi d'âge Mio-Pliocène, générées par un champ de contrainte N – S (Sami, 2004).

▪ **Les accidents ENE – WSW :**

Ils sont illustrés par des failles normales et des décrochements dextres et senestres qui sont parallèles aux axes des principaux plis du district. Certaines de ces fractures sont considérées comme antérieures aux plis, ce qui a favorisé l'ascension des roches triasiques dès l'Aptien supérieur (Dubourdieu, 1956 ; Bouzenoune, 1993).

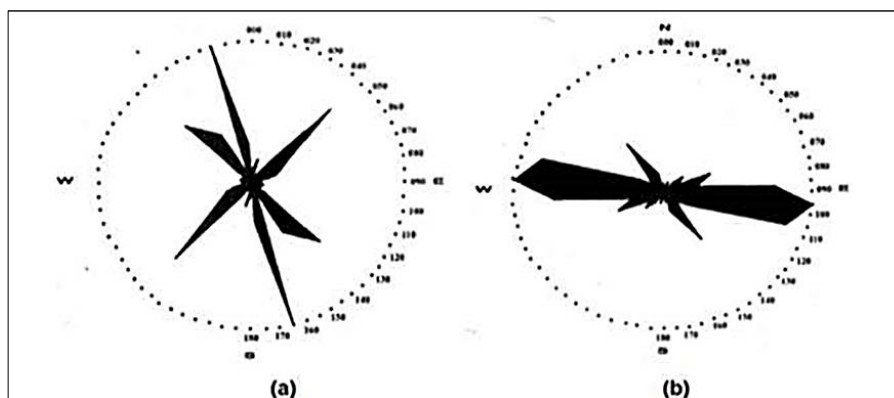


Fig.08 : rosaces exprimées selon la direction des accidents
(a) senestres et (b) dextres

▪ **Les accidents E – W :**

Cette classe est matérialisée par des décrochements dextres et senestres avec quelques failles normales et inverses. Il s'agit de la phase atlasique majeure (Kazi Tani, 1986 ; Guiraud, 1973 ; 1990).

▪ **Les accidents N – S :**

Ils correspondent à la phase pliocène (Burrolet, 1956 ; Bles et al, 1969). Les phases tectoniques qui ont affectés cette région selon Otmanine :

- **Antétertiaire :**

Vraconienne : Extrusion NE – SW (failles normales synsédimentaires) (Chili, 1984 ; Chili et al, 1984).

Cénomanienne : Compression, NE – SW (décrochements).

Turonienne : Extrusion NE – SW (failles normales) (Kazi Tani, 1986).

- **Tertiaire :**

Atlasique : Compressive des plis NE – SW et ENE – WSW (Kazi Tani, 1986).

Oligo_Miocène : Distensive (Kazi Tani, 1986).

Miocène inférieur : Compressive, structure E –W (Kazi Tani, 1986).

-**Pliocène - Quaternaire :** Distensive (Blés et Fleury, 1969 ; Chili, 1984 ; Philipe et al, 1986) puis compressive (redressement) ce qui traduit une réactivation de la phase atlasique.

II.3.4 - Fossés d'effondrements :

Les fossés d'effondrement font partie de l'environnement des confins Algéro-tunisiens. Ils s'étendent sur plusieurs kilomètres. Ils sont orientés NW-SE à E-W et bornés par des accidents majeurs ayant joué en failles normales.

Ces fossés sont comblés par des dépôts plio-quaternaires pouvant atteindre une puissance de 170 m dans le fossé de Tébessa-Morsott (Dubourdiu et al, 1950) et près de 300 m dans celui de Kasserine (Chihi, 1984).

II. 4. - Evolution paléogéographique :

L'histoire paléogéographique des monts de Mellègue a commencé au Trias par une série puissante de dépôts salifères et argilo-gypsifères dans les bassins lacustres et lagunaires (Chavenine et al.1989). Une légère transgression est enregistrée au Trias moyen (Muschelalk), dont les traces sont conservées en intercalation de calcaires noirs stratifiés (Dubourdiu, 1956).

Les dépôts du Jurassique sont absents dans la région en question (Dubourdiu, 1956) mais ils ont été recoupés par des sondages pétroliers en dehors des zones diapirique (Beghoul, 1974).

Les grès du Barrémien représentent les plus anciennes roches d'âge Crétacé affleurant dans la région. Ils sont observés au Sud-Ouest de Djebel Mesloul. Cela témoigne des conditions de sédimentation en mer peu profonde.

A l'Aptien, la mer était plus étendue qu'au Barrémien. Le fait marquant est le développement des faciès urgoniens sur des hauts fonds correspondant aux extrusions diapirique. Autour de ces hauts fonds s'est développée une puissante série marneuse de mer ouverte(**Fig.09**).

A l'Albien, la sédimentation est transgressive (Ammouri, 1986 ; Chavenine, 1989).

Au Cénomaniens, dans des conditions abyssales, une intense sédimentation marno-argileuse à intercalation de calcaires peu développés a eu lieu. Dans la région du Mellègue cette période est caractérisée par des décrochements traduisant un raccourcissement NE- SW (Othmanine, 1987).

Au cours du Turonien inférieur, les conditions profondes changent vers un milieu néritique chaud, où s'installent d'importantes masses carbonatées. A partir du Turonien supérieur, une assise marneuse a été accumulée dans une mer relativement profonde, parfois rompue par des intercalations calcaires. Ce même régime continue jusqu'au Campanien inférieur (Chavenine et al. 1987).

Le Comanien et le Maestrichien sont marqués par des conditions de mer peu profonde et une prédominance des calcaires crayeux rarement récifaux. La sédimentation Crétacée marine s'arrête à la fin du Maestrichien inférieur.

Le remaniement de silex réputé d'âge yprésien à la base du Miocène, où se dépose une sédimentation marine durant l'Éocène et le Miocène inférieur et moyen.

A partir du Miocène supérieur, une phase de régression commence. Toutes les formations post-miocènes sont continentales et continuent jusqu'au Quaternaire donnant naissance aux plaines et vallées actuelles.

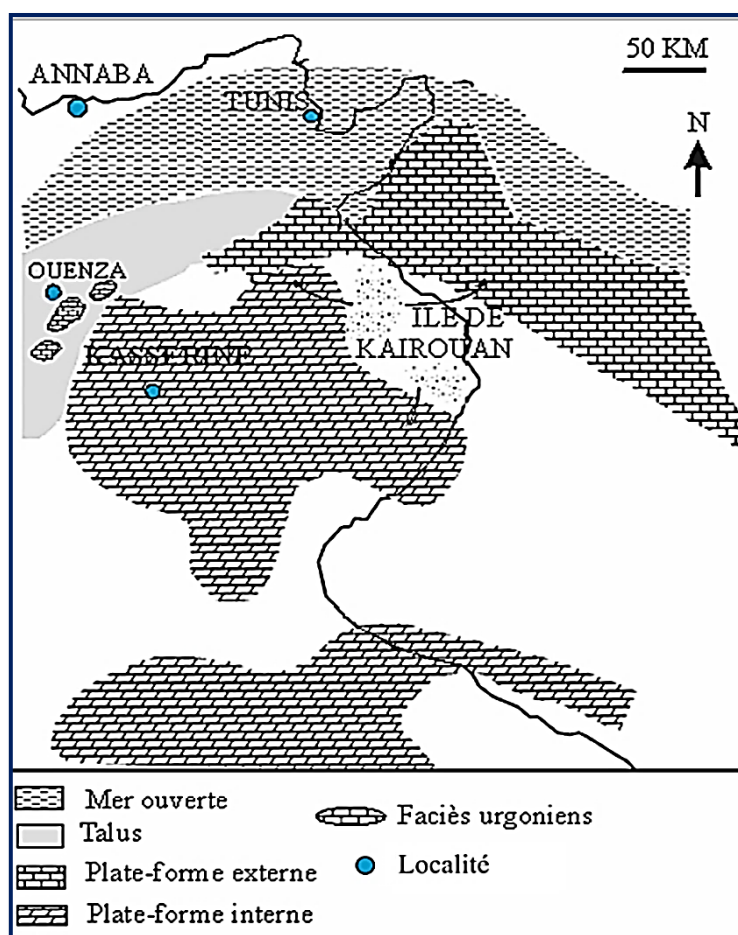


Fig.09 - Carte paléogéographique de la Tunisie et des confins algéro-tunisien durant l'Aptien (in Beguiret.L 2007).

CHAPITRE III : GEOLOGIE LOCALE

III.1. INTRODUCTION :

La ‘‘ zone des dômes ‘‘ définie préalablement en Tunisie (sainfeld), est caractérisée par un ensemble de diapirs. Cette activité diapirique a gouverné l'évolution tectono-sédimentaire des différents massifs de la région qui s'est traduite par l'installation et le développement d'une sédimentation essentiellement carbonatée localisée sur l'apex des diapirs d'âge aptien, ces formations calcaires constituent l'un des plus importants réceptacles des minéralisations.

Situé dans la région des monts Mellégue, le djebel Ouenza, appartient à la zone diapirique de l'Atlas saharien oriental. Il correspond à un anticlinal d'axe NE-SW au cœur duquel affleure un Trias salifère qui s'est mis en place sous forme de diapir au moins dès l'Aptien (Thibierose et Madre1976).

Le gisement ferrifère d'El Ouenza repose sur le flanc Nord d'un massif montagneux qui culmine à 1288m au niveau du pic, il est d'environ de 12km de longueur sur 5km de largeur. (Fig. 10).



Fig. 10 : localisation de djebel Ouenza sur image satellite.

Les amas métallifères se présentent sous forme de mamelons grossièrement elliptiques. Ils comprennent successivement du Nord-Est au Sud-Ouest : le Koudiat Ed Douamis, le Koudiat Hallatif, la région des conglomérats, le quartier Sainte-barbe, le de Chagoura et le Koudiat Zerga. Le minerai affleure sur des longueurs atteignant parfois 250 mètres et des hauteurs de 45 mètres, réalisant les conditions types pour l'exploitation à ciel ouvert. (CHAIN. R, 2006).

III.2 : Cadre géographique d'El Ouenza :

Ouenza, une ville algérienne, se situe dans l'extrême Est du pays, à une latitude de 35 degrés 55 min et une longitude de 8 degrés et 5 minutes, tout près des frontières algéro-tunisiennes qui se situent dans son Est. Administrativement elle appartient à la wilaya de Tébessa, dont le chef-lieu en est distant de 70 km. Au Nord, se trouve la wilaya de Souk Ahras qui s'en éloigne seulement de 43 km. À l'Ouest, on trouve la ville de M'daourouch(**Fig.11**)

Le Djebel Ouenza est caractérisé par un relief isolé, escarpé, déchiqueté et accidenté dont le profil est modifié par l'exploitation d'une importante mine de fer. Le principal cours d'eau de la région est celui de l'Oued Mellégue qui entaille profondément la topographie.



Fig. 11 : Situation géographique d'El Ouenza

III.3 LA LITHOSTRATIGRAPHIE :

La subdivision stratigraphique et caractères sédimentologiques de la région ont été établis sur la base des travaux de G. Dubourdiu (1956), J.Thibierose et Madre (1976) (F. Chikhi Aouimeur (1980) et J. M. Vila (1994). On distingue : le Trias, la série aptienne, et la série albienne. (**Fig.12**).

Ces séries renversées sont perceptibles à Hallatif et à Koudiat Ez Zerga (**Fig.14**).

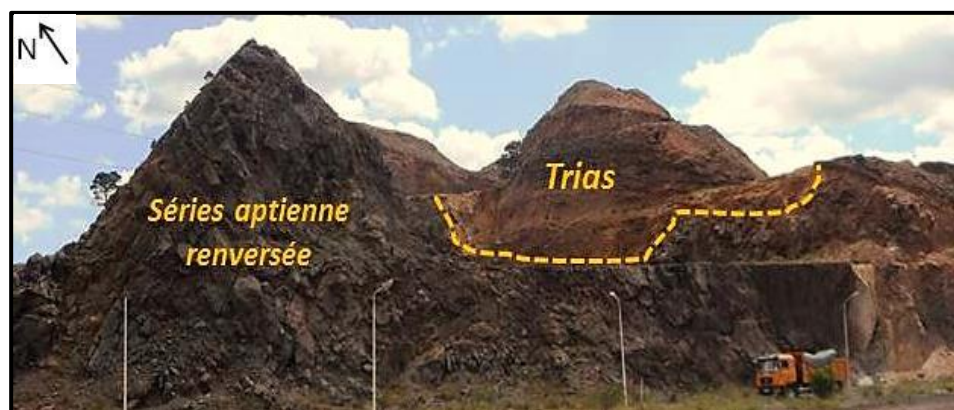


Fig.14 : Renversement de la série aptienne au niveau du quartier Hallatif.

III.3.2 Les formations aptiennes :

La subdivision utilisée à cet effet est celle de Thibiéroz et M, Madre puis Chikhi-Aouimeur (1980) (**Fig.15**). Ces auteurs ont défini trois formations lithologiques successives, de la base au sommet on distingue :

- a) Les formations des marnes de sainte barbe.
- b) Les formations des calcaires d'El Ouenza, dans lesquelles trois membres ont été déterminés :
 1. Membre inférieur : des calcaires à polypiers ;
 2. Membre moyen : les calcaires à Miliolites et rudistes ;
 3. Membre supérieur: les calcaires à débris d'organismes.
- c) les formations des marnes et calcaires gréseux d'Ain el Guenaria.



Fig.15 : Contact anormal entre le Trias et l'Aptien.

III.3.2.a Les formations de sainte barbe :

Cet affleurement est constitué essentiellement par des marnes à grains fins lités. Elles sont parfois schisteuses de couleur jaune lie de vin à la base et gris au sommet, comportant des inter-lits de calcaires gréseux ou argilo-gréseux de (5 à 10 cm) à la base, et montrent un enrichissement en calcaires et d'abondantes orbitolines sont observées au sommet (Chikhi-Aouimeur, 1980).

Cette formation représente les plus anciens termes aptiens affleurant à Ouenza, ils sont datés du Gargasien (Masse et Thieuloy, 1979 ; in Bouzenoune, 1993). Ces marnes s'observent tout au long de l'axe minier du 6 mai (Saint Barbe-Hallatif) ainsi qu'à Chagoura où elles sont séparées du Trias par une brèche.

A Sainte Barbe, la formation est plus complète avec une épaisseur de 30 m, elle se superpose directement sur le Trias.

III.3.2.b La formation des calcaires d'El Ouenza.

Cette formation est subdivisée en trois membres :

- **Les calcaires à polypiers :**

Ce membre inférieur s'observe à la base des calcaires d'El Ouenza. C'est un ensemble de calcaires massifs, gris sombre, très riches en polypiers coloniaux baignant dans une matrice micritique fine. De nombreux débris d'organismes (Echinodermes, Bryozoaires, Huitres, Rudistes.) accompagnent souvent les polypiers (Bouzenoune 1993).

Le niveau calcaire montre de nombreux galets de dolomies triasiques jaunes et bruns (centimétriques et décimétriques) remaniés et des grandes colonies de madrépores qui sont recristallisés avec parfois une ferruginisation partielle ou totale. Les calcaires à polypiers se trouvent en contact direct avec le Trias, lorsque les marnes de base sont absentes. Parfois ce contact est marqué par une brèche tectonique comme à Chagoura sud.

- **Les calcaires à Miliolites et Rudiste :**

À Ouenza, ces calcaires sont considérés comme un métalotectite lithologique vu que l'essentiel de la minéralisation ferrifère est encaissée dans ce faciès, (Dubourdiou 1956). Ce sont des calcaires sublihostratigraphiques à grains très fins de couleur gris claire à blanchâtre, très durs. Ils se distinguent par leur richesse en fines baguettes de quartz authigène et par l'abondance des stylolites qui peuvent être conformes ou séquentes par rapport à la stratification. (**Fig16**). Ces calcaires présentent un maximum d'épaisseur au pic (200m), leur

puissance diminue du SW vers le NE, elle varie de 100m à 150m à Chagoura Sud, 100m à Sainte Barbe ,70m à Hallatif et 35m à Koudiat Ed Douamis (Bouzenoune .1993).



Fig.16 : Calcaire à Miliolites et Rudistes (Hallatif)

- **Les calcaires à débris d'organismes :**

Ils sont formés principalement de petits débris d'organismes (échinodermes, lamellibranche, polypiers...) noyés dans un ciment de calcaire micritique ou sparitique, ce membre présente des faciès relativement homogènes, il se distingue par des variations latérales de faciès. La partie sommitale de ce membre est coiffée par des marnes clansayésiennes. Des calcaires gris vert à bioclastes grossiers sont observés sur la route de Souk Ahras ainsi qu'à Chagoura.

III.3.2.c La formation des marnes et calcaires gréseux d'Ain Guenaria :

Observée à la terminaison SW par F .Chikhi Aouimeur (1982), cette formation représente la couverture du massif d'El Ouenza, elle correspond à une succession de bancs de marnes et de calcaires de 195m d'épaisseur riches en faunes variées : orbitolines, brachiopodes, bivalves, échinodermes.

III.3.3 Les formations albiennes :

L'Albien est représenté par des marnes grises et gris foncé avec de minces intercalations de calcaires argileux noirs. Son épaisseur moyenne est de 250m.

III.4. TECTONIQUE :

Le Djebel Ouenza et ses alentours ont été soumis à une intense activité tectonique. En effet, au cours de la formation de l'anticlinal d'El Ouenza la compétence des roches a donné une fracturation diversifiée surtout parallèle à l'axe de cet anticlinal. Différents éléments

structuraux ont surtout affecté la formation des calcaires massifs. Ainsi il apparaît de grands systèmes d'accidents tectoniques orientés selon deux directions principales dominantes.

III.4.1. Tectonique souple :

Djebel Ouenza a été façonné par des plissements qui lui ont donné la forme d'un grand anticlinal d'axe NE-SW, ainsi caractérisé par un redressement des séries calcaires au contact avec le Trias diapirique (Hallatif sur la route se Souk Ahras).

III.4.2. Tectonique cassante :

Elle est marquée par différents ensemble structuraux :

- **Les failles :**

Les directions les plus dominantes des failles sont celles d'orientation NE-SW et NW-SE. Les failles NE-SW, sont rapprochées, généralement parallèles à l'axe de l'anticlinal d'El Ouenza montrant une extension considérable. La faille la plus marquée est celle de Koudiat Dzellaa qui se situe dans la partie SW du Djebel Ouenza. Elle correspond à un prolongement qui a joué en décrochement senestre, recoupant les calcaires aptiens (Bellagh et Mouchène.2010). Elle représente les particularités de receler une minéralisation essentiellement plombifère.

Les failles SE-NW, sont de moindre importance, rectilignes, minéralisées en Plomb, cuivre gris, fluorine et barytine.

Une grande faille NW-SE réorientée pour devenir NNW-SSE sépare les compartiments Chagoura de Damous El hammam.

- **Les fentes de tension :**

Les fentes de tensions sont sous différentes allures : rectilignes ou en échelons. Elles sont à remplissage de calcite.

- **Les stylolites:**

Ils sont rares, parallèles à la stratification remplis par de l'hématite. Ils résultent probablement de la compaction ou de la remontée de la masse carbonatée post- triasique par la halocinèse.

III.5 CONCLUSION :

Le massif d'El Ouenza est marqué par des formations allant du Crétacé au Miocène marin. Elles sont essentiellement carbonatées et argilo-gréseuses. Enfin un Quaternaire continental. Le tout est recoupé par un Trias plastique diapirique gypso-salin représenté par des marnes ou argiles bariolées gypsifères.

Du point de vue structural il a été touché par une tectonique polyphasée, souple, qui correspond au grand anticlinal orienté NE-SW. Une tectonique cassante qui se manifeste par des accidents de directions majeures NW-SE et NE-SW.

Chapitre IV :
GEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE
(Koudiat Ed Douamis).

IV.1. INTRODUCTION :

Les collines de Koudiat Ed Douamis se situent dans la terminaison NE de l'anticlinal d'El Ouenza dans le prolongement de Hallatif .Elles s'étendent sur un peu plus de 800 m du SW au NE, avec une largeur pouvant atteindre 450m.

Elles renferment deux types de minéralisation : une minéralisation primaire à hématite et une autre polymétallique (Cu, Ba, F, Pb, Py, Chp). Le cuivre gris y est assez important.

IV.2. LITHOSTRATIGRAPHIE :

Les levés lithostratigraphique réalisés au niveau de ce secteur ont démontré une succession chronologique des formations du Trias et du Crétacé inférieure. Ce dernier est représenté uniquement par l'Aptien(**Fig18**).




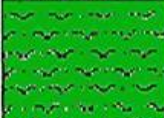
Stratigraphie	Profil Lithologique	Puissance (m)	Caractère lithologique
Quaternaire		10-15	Eboulis de calcaires Remblais et sols altérés
C R E T A C E Aptien		60-80	Calcaire à Miliolles et Rudistes de couleur grise et gris-claire fissures à remplissage de calcite C'est les porteurs de la minéralisation ferrifères.
		80-100	Calcaires bioclastiques fortement fissurés à remplissage d'argiles par endroits et calcaires mameux à la base.
		20-30	Marnes grises

Fig17 : Profil lithostratigraphique de Koudiat Ed Douamis (Zouaoui, 1999 ; in BEGUIRET. L. 2007).

- **Trias :**

Le Trias est conforme dans toute la région. Il est marno-gypseux bariolé, avec des dolomies grise et des formations gypseuses salines.

- **Aptien :**

C'est le plus dominant. Il est composé d'alternances marno-calcaires de différentes natures. (Fig.18)et (Fig19).

- ✓ Calcaires à Huîtres ;
- ✓ Calcaires à Polypiers ;
- ✓ Calcaires micritiques à Rudistes et à Milioles. (Fig20).



Fig18 : calcaires aptiens hématitisés
(Koudiat Ed Douamis).



Fig19 : Calcaire à Rudistes.

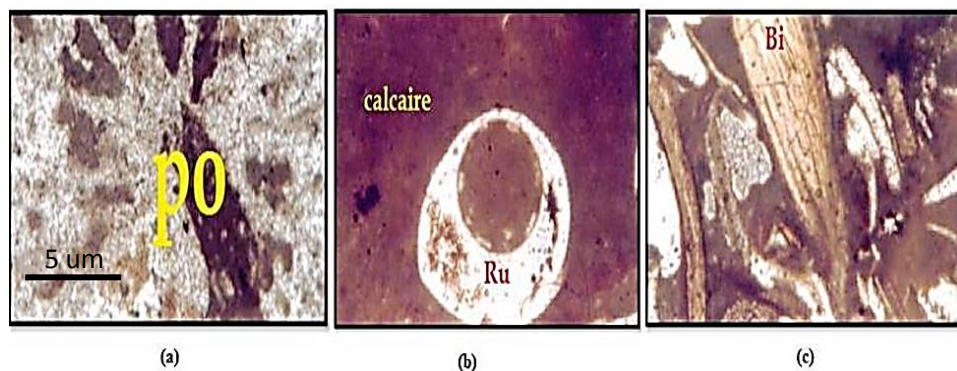


Fig20 : calcaires aptiens.

(a)calcaires à Polypiers, (b) calcaires à Rudistes (Ru), (c)Calcaires bioclastiques(Bi)

IV. 3. CADRE TECTONIQUE

Le secteur d'étude est très tectonisé. Il est plissé et affecté par de nombreuses cassures qui pourraient être dues aux contrecoups des failles principales ou au renversement de la série.

- **Déformation souple :**

La zone étudiée se présente sous forme d'un anticlinal dont l'axe est orienté NE-SW. La voûte de cet anticlinal présente des couches subhorizontales sur les flancs. Le pendage est faible avec toutefois une accentuation sur le flanc SE.

- **Déformation Cassante :** Elle est marquée par des :

1-Failles longitudinales:

Il existe un premier système de failles de direction NE-SW avec un plongement N064. Leurs rejets ne dépassent pas quelques mètres. A ce système appartient la faille dite du Pic qui passe par le gisement de Koudiat Ed Douamis. Ce système est un métallotecte structural important, contrôlant la minéralisation et favorisant la remontée du matériel triasique.

2- Failles transverses:

Elles sont secondaires, orientées N-S. Elles sont dues aux contrecoups des failles principales ou au renversement de la série. Elles se présentent sous forme de cassures minéralisées. Parmi elles on distingue

- Une faille de direction N70, affecte le calcaires aptiens, **(Fig21)** ;
- Une faille inverse de direction N140 ;
- Une faille sub-verticale de direction N050 remplie par de la calcite en placage. **(Fig22)**



Fig.21 : faille N070.
(Douamis)



Fig.22 : faille de direction N050
remplie par de la calcite en placage, (Douamis).

3 - Diaclases :

Ces déformations affectent les calcaires à rudistes et milioles. On note trois types:

- des diaclases suivant la stratification.
- des diaclases perpendiculaires à la stratification ;
- des diaclases obliques par rapport à la stratification, qui présentent le type le plus répandu dans la région étudiée. (Beguiret .L.2007)

5- les joints stylolitiques

Des joints stylolitiques remplis par de l'hématite et de la matière organique ont été observés dans les calcaire à Milioles (**Fig.23**) et(**Fig.24**).

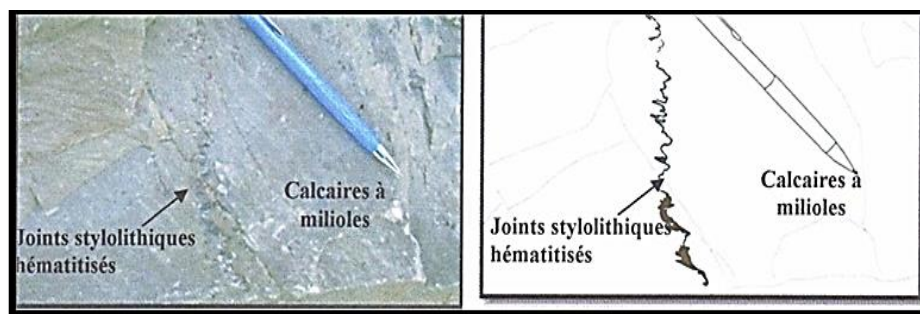


Fig.23 : joints stylolitiques remplis par de l'hématite dans les calcaires à milioles.

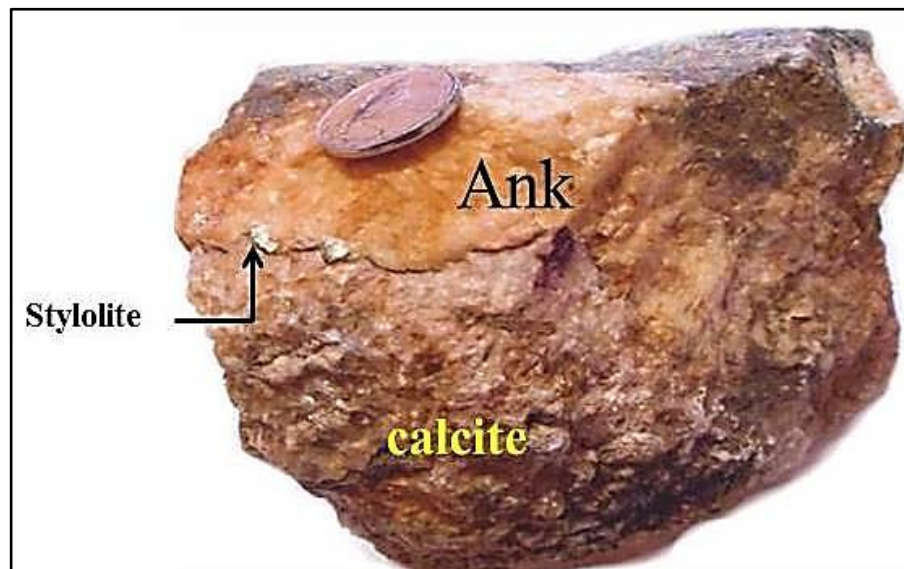


Fig.24 : joints stylolitiques remplis par de la matière organique dans l'ankérite.

IV.4 CONCLUSION :

A Koudiat Ed Douamis affleurent des terrains supposés Aptien supérieur .Le Trias est observable sur le versant SE. Il est formé de marnes gypsifères versicolores renfermant des passées dolomitiques et des éléments bréchiques polygéniques très nombreux.

Du point de vue tectonique le secteur est affecté par de nombreuses cassures qui pourraient être dues à la remontée du diapir.

Deux sortes de déformations ont été décelées :

- a. Déformations souples : l'anticlinal de Douamis de l'axe orienté NE-SW
- b. Déformations cassantes : trois catégories de telle déformation y sont vues à savoir :
 - Failles longitudinales (orientées Sud Est et Nord Est)
 - Failles transverses (Nord Sud)
 - Diaclases (suivant la stratification, perpendiculaires et oblique par rapport à la stratification).

Chapitre V : Gîtologie

V.1 Introduction :

Les minéralisations à Pb-Zn, (F, Ba) et Fe, de la zone frontalière des confins algéro-tunisiens, sont contrôlées par des dispositifs diapiriques, près du croisement diapirs-fossés (Sami 2011) (**Fig.25**). Ces concentrations sont encaissées dans des formations carbonatées aptiennes fortement silicifiées.

Le gisement d'El Ouenza constitue l'une des grandes ressources minérales de fer en Algérie. Il recèle des concentrations de Fe; Pb; Cu ; Ba ; F ; Sr. Leur mise en place a été contrôlée par une intense activité diapirique et une fracturation nourricière tardive. Deux types de minéralisation ont été distingués : minéralisation ferrifère (sidérite et ankérite) et une autre polymétallique (Pb ; Zn ; Cu ; Ba ; et F)

L'objectif principal de notre travail est de caractériser du point de vue gîtologique l'indice de cuivre gris du quartier de Koudiat Ed Douamis, examiner sa relation mutuelle avec l'encaissant et étudier son évolution dans le temps et dans l'espace.

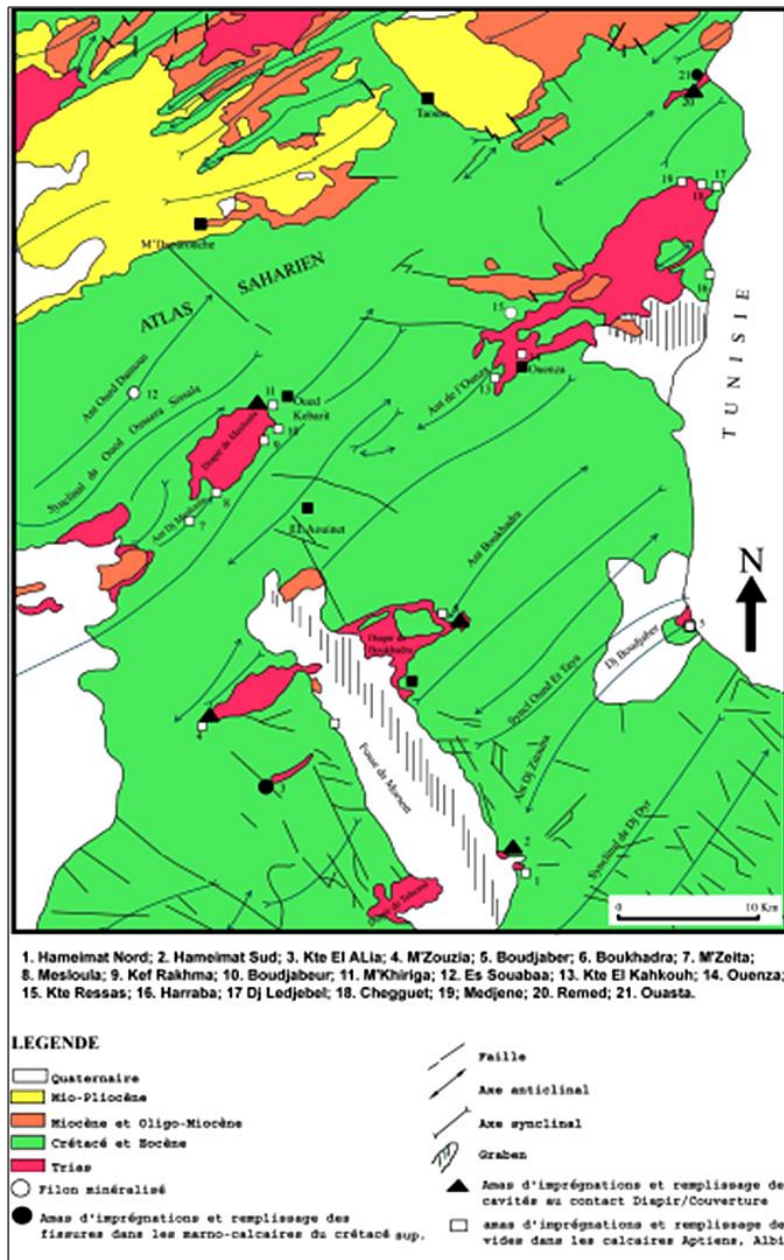


Fig.25 : Inventaire des indices minéralisés des confins algéro-tunisiens selon la classification d'Aoudjehane (1991) (in Sami 2011).

V.2 PRESENTATION DE LA MINERALISATION :

Le secteur d'étude comprend différentes sortes de minéralisations indépendantes les unes des autres.

V.2.1 Minéralisation ferrifère :

La minéralisation ferrifère est représentée par des carbonates de fer (sidérite, ankérite). Ces dernières seraient issues de la substitution métasomatique des calcaires récifaux aptiens, oxydés en hématite et goéthite au-dessus du niveau hydrostatique. Elle présente deux types de morphologies : stratiforme et filonienne. À Koudiat Ed Douamis, les corps

minéralisés sont en concordance avec la stratification des calcaires à milioles et rudistes. Le second type est filonien, il est observable au niveau des galeries du secteur. Cette dernière recoupe la minéralisation ferrifère primaire (**Fig.31**)

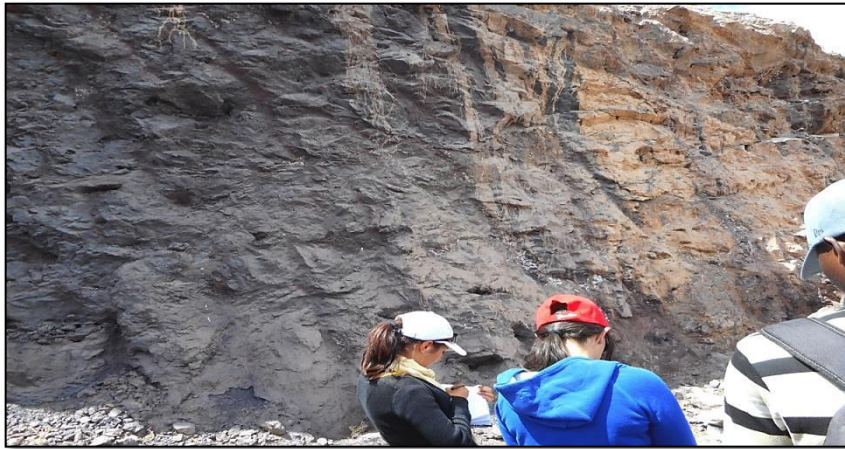


Fig.26 : Minéralisation ferrifère encaissées dans les calcaires aptiens. (Douamis).

V.2.1 Minéralisation polymétallique

La minéralisation polymétallique est très développée. Elle se manifeste par du cuivre gris, galène, barytine et de la fluorite incolore en cristaux de 1mm à 2 cm. Cette minéralisation occupe souvent les vides géodiques et remplace les carbonates indiquant ainsi sa postériorité. La malachite et l'azurite s'ajoutent aussi à ce cortège minéralogique.

À Douamis, le cuivre gris se présente sous deux aspect : amas et filonien. Les corps filoniens sont liés généralement à des failles de directions majeures NE-SW en remplissage de veines et de diaclases. Les systèmes de fractures orientées N55-55NW affectent les calcaires à polypiers, ils renferment une minéralisation essentiellement à cuivre gris, fluorine et carbonate de fer. Le minerai cuivreux se présente sous deux aspects : soit sous forme de disséminations dans la masse carbonatée où il peut également former des mouches millimétriques au sein d'un calcaire sparitique recristallisé et intensément silicifié, soit sous forme d'une brèche où les plages de cuivre gris de 1 à 20 cm baignent dans une matrice constituée de calcaire brun minéralisé en fer. On peut imputer à la libération du Ca lors du processus d'oxydation la cristallisation de la calcite dans les géodes. Le cuivre gris peut également être conservé avec l'hématite. (Bouzenoune 1993).

V.3 : ETUDE TEXTURALE DES MINERALISATIONS:

Le remplissage de fractures et de vides sont l'aspect textural le plus dominant. Les minéralisations à cuivre gris y sont en majorité sous forme de remplissage de fractures, elles se manifestent aussi sous plusieurs aspects texturaux.

Texture filonienne : elle s'observe à l'œil nu, elle est sous forme de petits filonnets à épontes nettes, d'épaisseur centimétrique remplis par de la calcite, de l'hématite et parfois par du cuivre gris, l'ensemble recoupe les calcaires aptiens (Fig.27).



Fig. 27 : Filonnet rempli par du cuivre gris.

Texture veinulée : il s'agit de veinules qui recoupent les calcaires aptiens. Elles sont à remplissage de calcite, de l'hématite et de cuivre gris. Ce dernier apparaît sous forme de remplissage de veinules parallèles de taille variant du millimètre au décimètre (Fig.28).

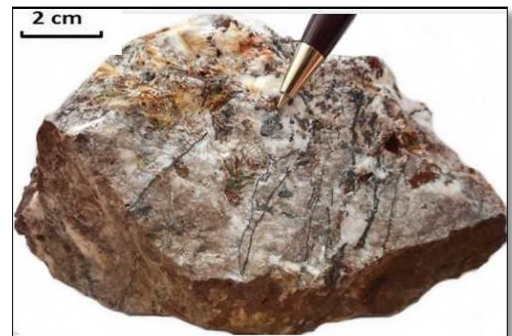


Fig. 28: Veinules parallèles remplies par du cuivre gris.

Texture de remplissage de vide: la minéralisation cuprifère est associée à l'ankérite blanche à gros grains sous forme de poche et de nids, de taille centimétrique à décimétrique. (Fig.29).



Fig.29 : Texture de remplissage de vide.

Texture massive : elle est observée là où la minéralisation est très développée. Il s'agit de grandes masses centimétriques de cuivre gris encaissé dans l'hématite (Fig.30).

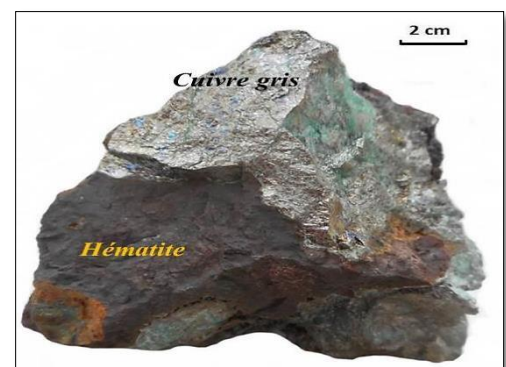


Fig. 30: Cuivre gris massif encaissé dans l'hématite.

Texture disséminée : elle est représentée par des disséminations de cuivre gris, avec des grains plus ou moins circulaires, sub-arrondis, hétéro-granulaires, hétérométriques, disséminés dans la gangue carbonatée hématitisée parfois silicifiée. Ces grains de cuivre gris sont souvent accompagnés par des mouchetures de pyrite ou de fluorite(**Fig.31**).

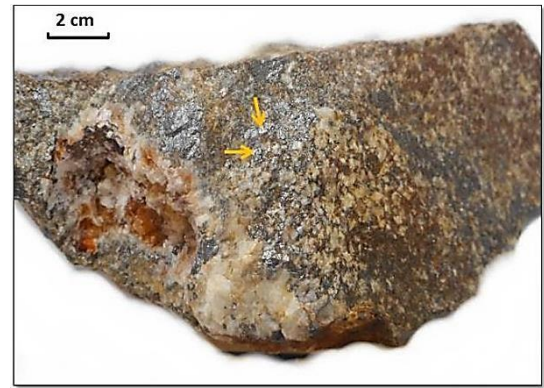


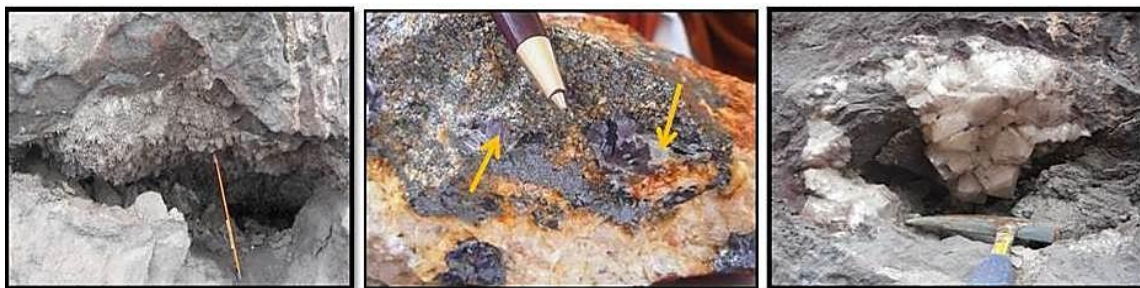
Fig.31 : grains de cuivre gris disséminés.

Texture bréchique : il s'agit d'éléments d'hématite baignant dans une matrice calcique. Des cristaux de calcite de taille millimétrique remplissent les fractures et les petites géodes. (**Fig.32**).



Fig.32 : Brèche à éléments hématitiques cimentés par de la calcite.

Texture géodique : elle est très abondante. Les géodes sont constituées de gros cristaux de quartz bipyramidés de taille centimétrique à décimétrique remplissant des vides de dissolution, par de la fluorine cubique violacée, de la calcite en dents de scie et du quartz(**Fig.39**).



Calcite en dents de scie

Fluorite cubique violacée

Quartz bipyramidé

Fig.33 : Géodes de calcite, fluorine et quartz.

V.4 ETUDE PETROGRAPHIQUE ET MINERALOGIQUE:

L'étude macroscopique et microscopique de la minéralisation et de son encaissant, montre une association minéralogique à: sidérite, calcite, quartz, barytine, fluorine, pyrite, hématite, cuivre gris, malachite et azurite.

Dans cette partie, nous allons essayer de décrire ce cortège minéralogique diversifié, tout en insistant sur les relations inter- minérales.

V.4.1 Minéraux de gangue :

La sidérite (FeCO_3) :

C'est une sidérite grise primaire à texture fine. Elle est issue de la recristallisation des calcaires fins à rudistes au-dessous du niveau hydrostatique. Pour (Pohl et al, 1986 et Bouzenoune, 1993). Cette sidérite est d'origine épigénétique. En revanche, d'autres auteurs (Madre, 1969, Thibiéroz et Madre, 1976), la considèrent comme étant diagénétique.

L'ankérite $\text{Ca Fe} (\text{CO}_3)_2$:

L'ankérite I:

C'est une ankérite à grains moyens de couleur bronze. Au microscope, elle apparaît sous forme de cristaux xénomorphes à subautomorphes. Parfois, cette ankérite présente un aspect fissuré dont les interstices sont comblés par des oxydes(**Fig.40 et 41**).

L'ankérite II : elle est claire, automorphe. Au microscope, elle est spathique, elle se développe sous forme de plages avec une extinction ondulante. (**Fig.40 et41**)



Fig.34 : Ankérite blanche et ankérite bronze.

L'aragonite (CaCO_3) : Elle est observée seulement au microscope associée à la calcite. Macroscopiquement, elle n'a pas été distinguée.

La barytine (BaSO_4) : elle est peu abondante, seule l'étude microscopique a permis de la mettre en évidence. Elle apparaît en veinules associées à la calcite et au quartz (**Fig.35**).

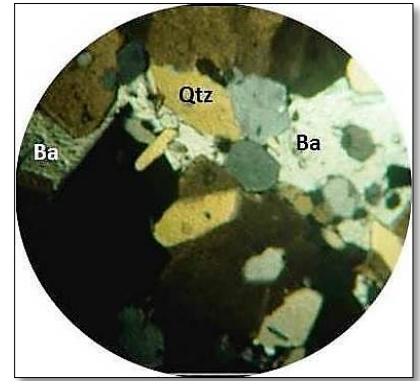


Fig.35 : *Barytine associée à la calcite et au quartz.*
Lame mince. Gr 5X10 LPA

La fluorine (CaF_2) : elle se distingue par des petits cristaux cubiques de 1 à quelques centimètres de couleur violet. Elle se dépose avec la calcite en remplissant les géodes et les vides de dissolution, ou en dissémination dans les carbonates. (**Fig.36**).

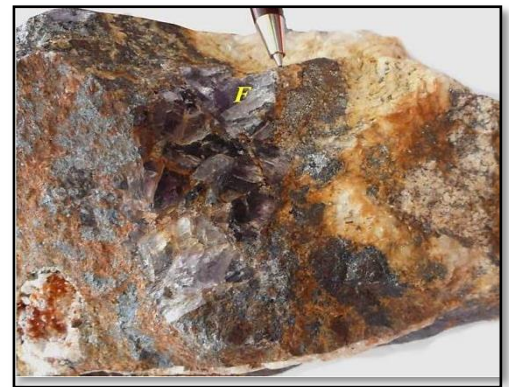


Fig. 36 : *Fluorine géodique en cubes violacés.*

Le quartz (SiO_4) : l'analyse des échantillons, et des lames minces, a révélé au moins deux générations de quartz (**Fig.37**) ; (**Fig.38**) et (**Fig.39**)

Quartz I : Observé au microscope sous forme de cristaux automorphes à subautomorphes, bipyramidés. Ces grains de quartz sont abondants et se développent au sein des carbonates, ce qui témoigne d'une forte silicification des calcaires.

Quartz II : il est d'origine hydrothermale, de taille plus ou moins importante, pouvant atteindre 10 cm. Il se distingue par des cristaux automorphes, pyramidaux, isolés ou en agrégats, de couleur blanche. Ce quartz remplit les géodes, recoupe l'hématite et renferme parfois des inclusions de cette dernière.

Au microscope, il est sous forme de cristaux de taille millimétrique, automorphes, prismatique, bipyramidaux, allongés et parfois craquelés. Il se trouve également noyé dans les plages du cuivre gris.



Fig.37 : Quartz géodique.



Fig.38 : Agrégat de quartz bipyramidé.

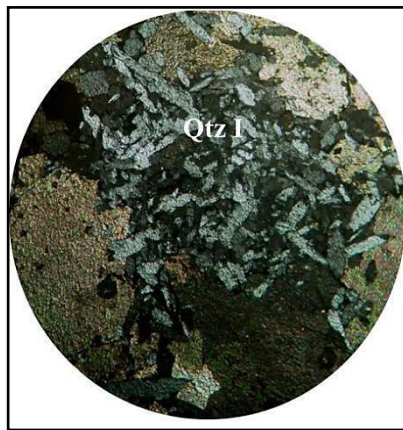


Fig.39 : Quartz I et II bipyramidés.

LM GX10 LPA.

La calcite (CaCO_3): c'est le minéral de gangue le plus abondant(Fig. 40) ; (Fig.41)et (Fig.42). On en reconnaît trois types :

Calcite I : elle est Diagénétique, rentrant dans la composition des calcaires.

Calcite II : elle présente de beaux cristaux rhomboédriques, translucides. Une lame polie sur les deux faces nous a permis d'observer que cette calcite présente des inclusions biphasées, avec une phase liquide et une autre gazeuse. Cette observation témoigne que cette calcite est d'origine hydrothermale, et s'est formée à partir d'un fluide chaud de température supérieure à 50C° .

Calcite III : elle se cristallise sous forme de scalénoédres dans les vides géodiques. Elle est de taille millimétrique à centimétrique et parfois en cours de sidéritisation

Calcite VI : elle est en placage ou en petites veinules dans les calcaires. Quelquefois, elle constitue le ciment pour des éléments bréchiques. Elle est de couleur blanchâtre, ou mielleuse lorsqu'elle est teintée par les oxydes.



Fig.40 : Calcite II spathique et la calcite III scalénoèdre.

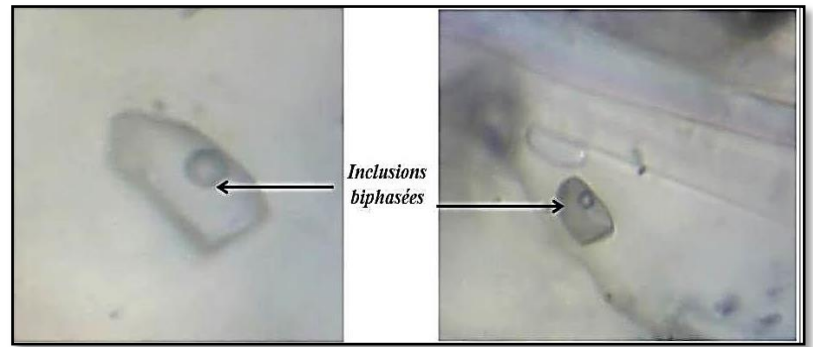


Fig.41 : Inclusions biphasées dans la calcite spathique.

LM, G X10, LPA

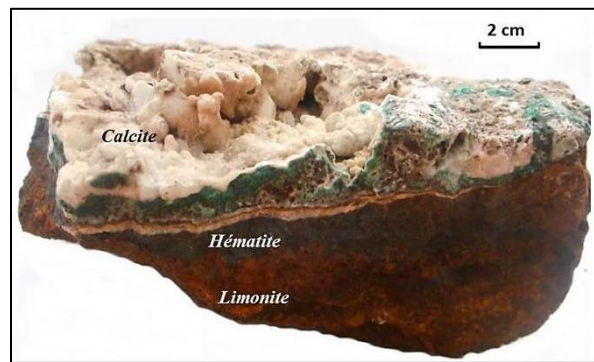


Fig.42 : Calcite en placage.

V.4.2 Les sulfures :

Le cuivre gris ($C_{12}Sb_4S_{13}$) :

Macroscopiquement : il est le produit de remplissage de fractures, de poche, de filons, et amas. Les corps filoniens sont liés généralement à des failles de directions majeures NE-SW et en remplissages de veines et diaclases. Il est souvent en plages disséminées dans la gangue. Il est associé à la calcite, à l'hématite et au quartz (**Fig.43**) et (**Fig.44**). Il s'altère souvent en malachite et en azurite.

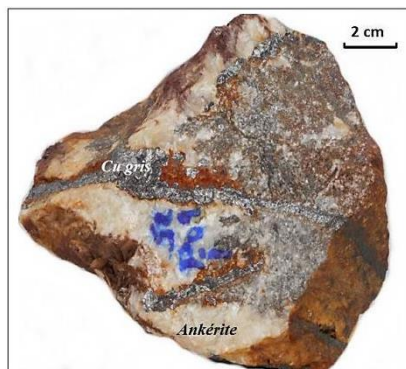


Fig.43 : Cuivre gris sous forme filonienne.



Fig.44 : cuivre gris en remplissage de vide.

Microscopiquement : il apparaît sous forme de disséminations au sein de l'encastant dolomitique, il est aussi associé à la calcite en remplissant les interstices. Il se présente aussi sous forme de cristaux sub-automorphes à automorphes épigénisant le quartz et parfois sous forme de plages xénomorphes corrodant le quartz qui contient des inclusions de pyrite. Les bordures et la surface des plages sont partiellement altérées en covellite(**Fig.45**) ;(**Fig.46**)

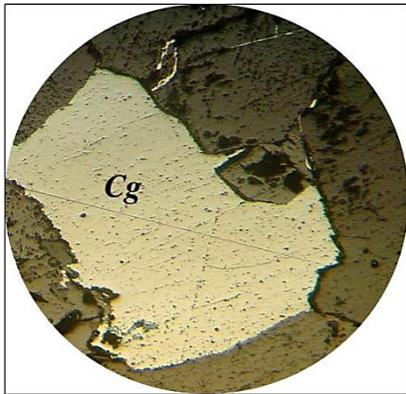


Fig.45 : plage de cuivre gris
SP, G X10, LPA

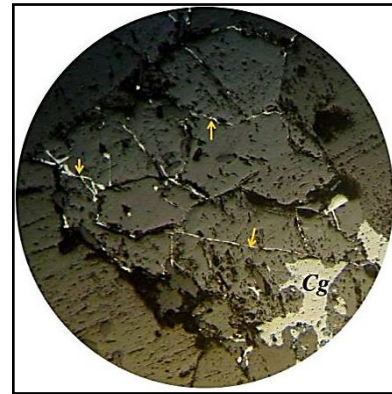


Fig.46 : Cuivre gris occupant les interstices.SP,
G X10, LPA

La pyrite (Fe S₂):elle apparaît sous deux générations:

Pyrite I : Au microscope, elle apparaît sous forme de cristaux automorphes, parfois scoriacés, noyés dans les plages du cuivre gris (**Fig.47**), en inclusion dans le quartz ou en grains disséminés dans la gangue carbonatée.

Pyrite II : macroscopiquement, elle apparaît en disséminations dans la calcite(**Fig.48**).

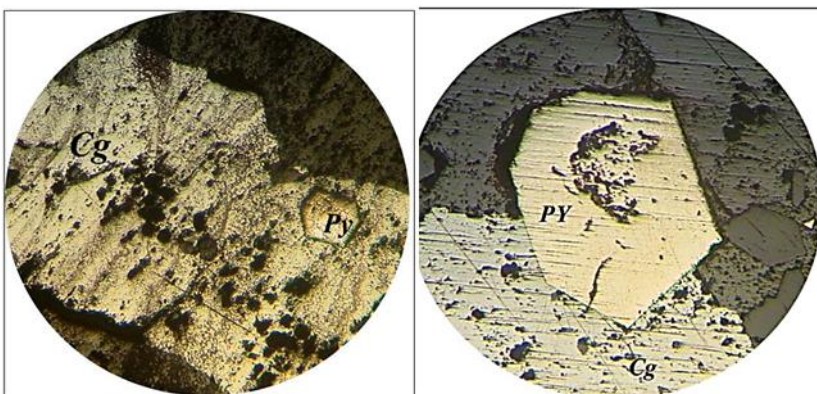


Fig.47 : Grain de Pyrite I dans la plage
cuivre gris. SP, G X10, LPA

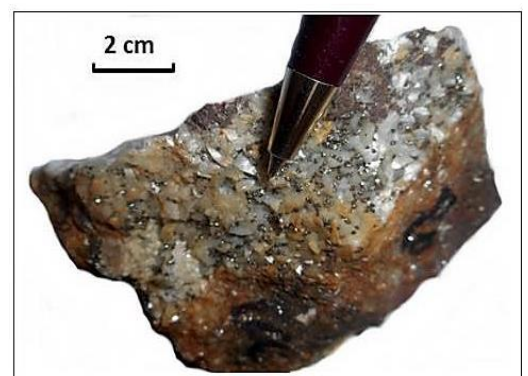


Fig.48 : Grains de pyrite disséminés.

La chalcopryrite (Cu Fe S₂) :

Elle est sous forme de placage et de grains disséminés dans la gangue qui est constituée de calcaires silicifiés et de calcite.(Fig.49).



Fig.49 : Chalcopryrite en dissémination.

La galène(PbS) :

Se présente sous de petits cristaux cubiques disséminés dans le minerai, associé souvent avec la barytine (Ba SO₄).

Les oxydes et hydroxydes :**L'hématite (Fe₂O₃) :**

Elle est issue de l'oxydation du minerai carbonaté (sidérite), cette dernière résulte de la transformation de l'encaissant calcaire par substitution au-dessus du niveau hydrostatique.

L'hématite apparaît sous divers aspects.

- Hématite terreuse, terne sans cristaux apparent
- Hématite pulvérulente de couleur noir à rougeâtre(Fig.50)et(Fig.51)

Parfois elle est constituée d'éléments anguleux d'une brèche cimentés par de la calcite.

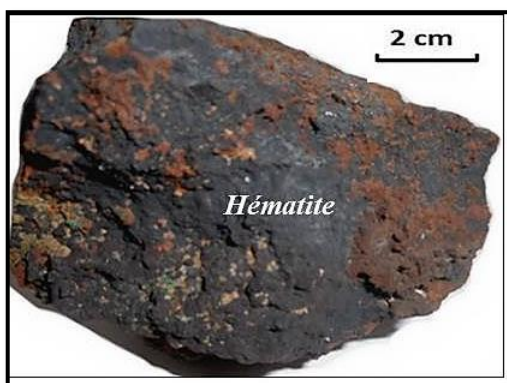


Fig.50 : Hématite pulvérulente noirâtre.



Fig.51 : Hématite pulvérulente rougeâtre.

Goethite (Fe OOH) :

Elle accompagne fréquemment l'hématite, elle se présente sous forme d'agrégats mamelonnés noirs constituent des géodes.

Au microscope elle présente un aspect concrétionné, et remplace la calcite microspatique.

Limonite (FeOOH) H₂O :

Elle constitue le produit d'altération supergène de l'hématite(**Fig.52**).

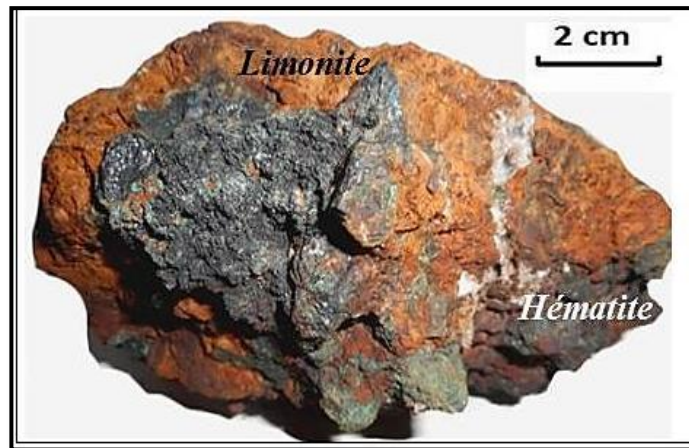


Fig.52: Limonite

La malachite et l'azurite:

Elles proviennent de l'altération du cuivre gris. Au microscope elles montrent des plages xénomorphes vertes pour la malachite et bleu pour l'azurite, (**Fig.53 et 54**).

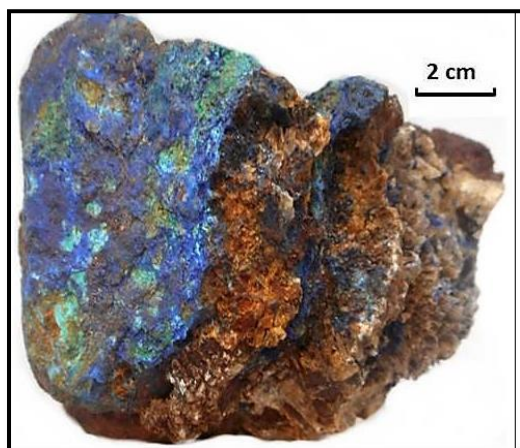
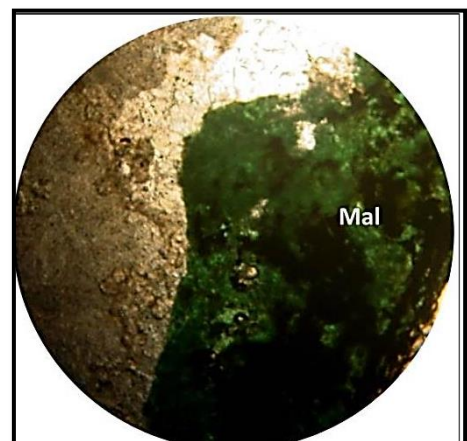


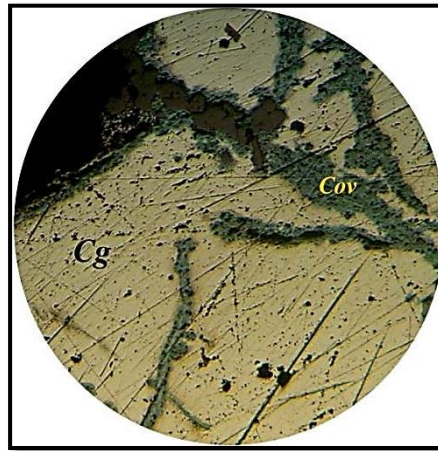
Fig.53 : Azurite bleue.



**Fig.54 : Malachite verte.LM, G X5,
LPA**

La covellite (CuS):

C'est le produit d'altération du cuivre gris, de couleur bleue, elle se présente sous forme d'auréoles et veinules occupant les interstices (Fig.55).



*Fig.55 : Covellite occupant les plans de faiblesse des plages du Cg.
SP, GX10 LPA*

V.5 SUCCESSION PARAGENETIQUE :

L'observation macroscopique et microscopique de ces différentes phases minérales nous conduit à proposer la succession paragenétique probable suivante :

Une phase diagénétique : elle s'exprime par le dépôt des calcaires récifaux aptiens, au sein desquels la minéralisation cuprifère est encaissée. Cette phase est caractérisée par la lithification des calcaires.

Une phase épigénétique : elle est marquée par plusieurs stades de fracturations :

Une première fracturation: Initialement, en- dessous de la nappe phréatique, en milieu réducteur, les calcaires fins à milioles et rudistes ont subi une métasomatose pour donner naissance à la sidérite et à l'ankérite. Ces calcaires ont subi aussi une forte silification.

Une deuxième fracturation : suite aux plissements et aux fracturations des formations albo-aptiennes, un deuxième fluide riche en H₂S, s'introduit et dépose le cuivre gris. Cela a généré aussi une oxydation partielle de la sidérite en hématite. Cette dernière se trouve parfois en inclusion dans le quartz.

Une troisième fracturation : ces calcaires sidéritisés ont été portés au-dessus du niveau hydrostatique dans un environnement oxydant. Ils se sont oxydés en hématite. Le fluide

hydrothermal résiduel et pauvre en H_2S a donné des concentrations en barytine, fluorite calcite et le quartz.

Enfin une phase supergène: elle s'exprime par de l'hématite, l'azurite, la malachite, covellite qui résultent de l'altération météorique de la sidérite et du cuivre gris.

Phases minérales	Diagenèse	Epigenèse						Supergène	
Calcite	Litification des CMR (Cal I)	F		F	<u>Cal2</u>	F	<u>Cal3</u>	<u>CalVI</u>	
Ankérite		R	<u>Ank 1</u> <u>Ank2</u>	R		R			
Cuivre gris		A		A	<u>Cg</u>	A			
Pyrite		C	<u>Py 1</u>	C		C		<u>Py2</u>	
Chalcopyrite		T		T		T		<u>Chp</u>	
Galène		U		U		U		<u>Gal</u>	
Fluorine		R		R	<u>Qtz I</u>	R		<u>QtzII</u>	
Quartz		A		A		A			
Hématite		T		T		T			
Barytine		I		I		I		<u>Ba</u>	
Malachite		O		O		O			
Azurite		N		N		N			
Covellite									
Limonite									

Deuxième partie : Environnement
Impact de l'exploitation de la mine d'El
Ouenza

I. INTRODUCTION :

L'étude d'impact sur l'environnement est un outil de base pour la mise en œuvre de la protection de l'environnement. Elle consiste à la connaissance et à l'évaluation des incidences directes ou indirectes des diverses activités sur les équilibres écologiques (l'eau l'air, sol faune et flore) ainsi que le cadre et la qualité de vie dans les différents espaces : L'espace restreint qui concerne la zone même de l'activité, l'espace d'influence où se font sentir les nuisances (bruits, odeurs, paysage, polluants, etc.) et l'espace étendu qui comprend les espaces éloignés, affectés par les polluants et nuisances engendrées par l'activité minière en particulier.

II. LES FACTEURS INTERVENANT DANS LE TRANSPORT ET LA DIFFUSION DES POLLUANTS :

II.1- Les facteurs météoriques :

Il existe quatre situations météoriques favorisant le phénomène de la pollution :

- Absence du vent ou vent faible.
 - La chaleur et la lumière.
 - L'absence des pluies.
 - Couche d'inversion basse. (Masclet.p 2005, in Taleb Narsis Souad 2012).
-
- Le vent: le mouvement des masses d'air dilue continuellement la pollution générée au point d'émission. Ces polluants s'accumulent près des sources en absence du vent. (Martin.J et al, 1988 in Taleb Narsis Souad 2012).
 - Le gradient vertical de température : il est utilisé pour définir la stabilité de l'atmosphère. Si la température décroît trop rapidement l'atmosphère est instable, ce qui favorise la dispersion des polluants. Une inversion thermique conduit à de forts niveaux de pollution. Cette inversion peut se produire la nuit quand le sol se refroidit rapidement, ainsi que l'hiver par temps clair. L'absence de vents en général favorise l'apparition d'une inversion thermique.
 - La turbulence:la turbulence est l'irrégularité du mouvement du vent. Elle est caractérisée par le croisement des trajectoires des masses d'air et par la superposition d'une fluctuation irrégulière, aléatoire et non reproductible de l'écoulement moyen du vent. Ce facteur est très difficile à traiter mathématiquement. La diffusion tourbillonnaire est le processus de mélange le plus important dans les basses couches

de la troposphère. Il provoque la dispersion des polluants dans l'air. (Taleb Narsis Souad 2012).

II.2- Les facteurs physiques :

Les reliefs ainsi que les constructions, modifient le régime, la vitesse et la direction des vents. Ces derniers pourront suivre une trajectoire préférentielle. (AHLVIK; 1997).

II.3- Émission, transport, dégradation et dépôt :

Des polluants primaires sont émis, tels que SO₂, NO_x, CO etc.... ou de la matière particulaire. Puis 3 phénomènes interviennent :

- La dynamique atmosphérique qui est un processus mécanique permettant le transport, le mélange, la dispersion et la dilution des polluants dans l'atmosphère.
- La dégradation chimique ou photochimique des polluants sous l'effet des radicaux de l'atmosphère ou de l'ozone. Les polluants primaires se transforment en polluants secondaires. Ainsi, il se forme des sulfates SO₄²⁻ par oxydation photochimique du dioxyde de soufre SO₂. Il se forme de la matière organique particulaire secondaire par oxydation des hydrocarbures. Ces dégradations s'accompagnent le plus souvent de production d'ozone.
- Les dépôts qui permettent d'éliminer les polluants de l'atmosphère. Il existe 2 types de dépôts :
 - Le dépôt sec dû à la pesanteur. Les polluants se déposent sur le sol, sur les plantes et sur les feuilles des arbres.
 - Le dépôt humide dû aux lessivages des polluants par les pluies, les neiges et les brouillards. La distribution spatio-temporelle des concentrations atmosphériques des polluants dépend de ces 3 facteurs. (MASCLET .P, 2005).

III. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE :

La population :

La population est évaluée à 60 000 habitants. Sur le plan ethnologique, la ville regroupe une population venant de diverses régions notamment celles qui l'avoisinent : Souk Ahras, Taoura, Annaba, Guelma, Tébessa, Chréa, El Meridj, Aïn Zerga, Meskiana, etc. Elle se répartie irrégulièrement sur le territoire de la ville, d'où on distingue une agglomération principale, secondaire et une zone éparse.

III.1- Le climat :

La situation géographique de la ville d'El Ouenza dans les hauts plateaux lui donne un climat semi-aride, sec et froid l'hiver, chaud l'été. Les précipitations sont moyennes et à caractère torrentiel. Les vents dominant durant le printemps sont de direction ouest et nord-ouest, une dominante secondaire provient d'Est Sud-Est et de Sud Sud-Ouest. La vitesse maximale des vents est comprise entre 15 et 25 m/s.

III.2- Le réseau hydrographique :

Les points d'eau naturelle sont très rares. Le réseau hydrographique est représenté principalement par les cours d'oued Mellégue au Nord, et Oued Kseub au Sud-Est distant respectivement de 3.5 km et 6.5 km à vol d'oiseau de la mine.

III.3 Le cadre biologique :

- **La flore :** le couvert végétal est pauvre. Le patrimoine forestier se partage entre les forêts à essence sylvicole et la couverture alfatière.
- **La faune :** le patrimoine faunistique y connaît une régression alarmante. Les espèces animales qui occupent le territoire d'El Ouenza sont : le sanglier, le lièvre, le chacal, la perdrix... etc. Par ailleurs, l'élevage des ovins et de rares bovins constitue les ressources de la majorité des agriculteurs.

IV. PRESENTATION DE LA MINE :

La mine d'ElOuenza est l'une des richesses fondamentales d'Algérie. Ce gisement ferrifère dispose de 120Mt de réserves de minerai avec une teneur de 55% en moyenne de fer. Il est le principal fournisseur du produit marchand de ce minerai et sa commercialisation par les chemins de fer vers le complexe sidérurgique d'El Hadjar de la wilaya d'Annaba(**Fig.56**).



Fig.56 : Image satellite de la mine d'El Ouenza.

I. METHODES D'EXPLOITATION :

Le minerai est exploité à ciel ouvert. Ce mode d'exploitation a été instauré en fonction de la géométrie du massif d'El Ouenza et les caractéristiques physiques du gisement.

II. ÉTAPES D'EXPLOITATION :

1. L'extraction du minerai au niveau de la mine s'établit par deux techniques qui sont :

- Méthode par explosifs : l'abattage se fait par des explosifs de type marmanite. Cette technique exige la foration des trous de mine dans les gradins. Ces trous ont 12 à 15m de profondeur et ils sont verticaux et parallèles entre eux.
- Méthode par excavation : elle se réalise par des engins mécaniques.

2. Le chargement.

3. La mise à terril.

4. Le transport qui se fait par des travers bancs, des camions vers des wagons qui vont être transférés par la suite dans le complexe sidérurgique d'El Hadjar par voie ferrée.

VII. SOURCES DE POLLUTIONS :

Sources des poussières : on dénombre six origines principales qui sont les suivantes :

- Le forage et les tirs de mines.
- Les travaux de chargement et de déchargement.
- Le concassage.
- Le transport par camions et bandes transporteuses.
- La mise à terril.

Sources des vibrations :

- Les tirs de mines.
- La foration.
- La circulation des gros engins.

Sources des gaz :

- Les gaz d'échappement des moteurs diesel.
- Les tirs de mine.

Carburants et lubrifiants :

- Les ateliers de maintenance et de lavage.
- Les fuites.

Fossés et vides :

- Les travaux de prospection et d'exploitation.

Bruits :

- Les installations et les engins.
- Les tirs de mine.

VIII. IMPACT DES POLLUANTS SUR L'ENVIRONNEMENT PAR LA MINE D'EL OUENZA :

VIII.1- Impact des poussières :

Les poussières générées par les travaux d'exploitation sont néfastes pour l'environnement et la santé publique (Fig.57) et (Fig.58). Les particules nuisibles se subdivisent en quatre catégories :

- Les poussières inertes : elles s'accumulent dans le corps sans aucune réaction.
- Les poussières toxiques : c'est des composés métalliques plus ou moins solubles. Elles peuvent avoir des effets aigus ou chroniques sur certains organes.
- Les poussières allergènes : elles peuvent causer des maladies pulmonaires (asthme) ou des pathologies de la peau telle que l'eczéma.

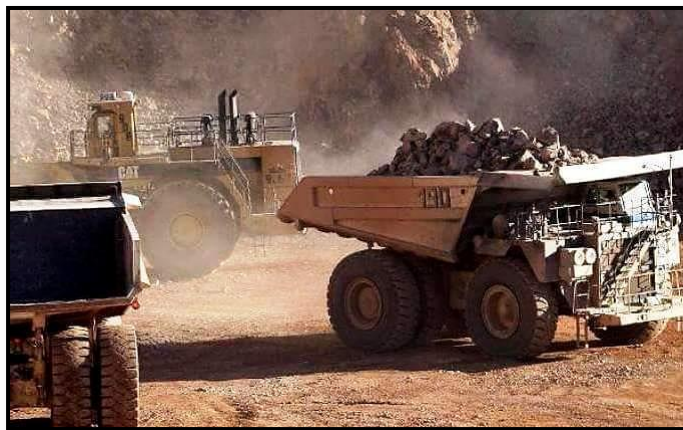


Fig.57 : Poussière générée par le chargement du minerai et la circulation des camions.

VIII.1.1- Impact des poussières sur la faune et la flore :

Les poussières ralentissent le phénomène de photosynthèse des plantes. Cela contribue à la dégradation de ces dernières et diminue leur rendement, et par conséquent la réduction de leur intérêt économique, social et paysager. Les espèces animales ne sont pas

épargnées. Une atmosphère polluée prend part dans leur immigration, ce qui induit à d'importantes ruptures écologiques(**Fig.58**).



Fig.58: Flore à proximité de la mine affectée par les poussières.

VIII.1.2- Impact de la poussière sur la santé publique:

À Ouenza, les travaux d'exploitation (abattage, concassage, chargement et le transport) sont considérés comme étant générateurs de grandes masses de poussières. L'inhalation prolongée de ces dernières, étant donné qu'elles soient riches en silice, affecte les organes pulmonaires du personnel de la mine.(**Fig.59**), ainsi que les habitants qui vivent à proximité du gisement, notamment les personnes allergiques. Ces individus demeurent constamment exposés aux maladies de pneumoconiose (silicose), asthme...etc. (**Fig. 60**).



Fig.59 : Exposition du personnel aux poussières lors du concassage.



Fig.60 : Poussières envahissant le village qui avoisine la mine.

VIII.1.3- Impact de la poussière sur le paysage : Le dépôt des couches de poussière sur les constructions avoisinant la mine (bâtiments, trottoirs, routes et ouvrage), est la source d'une dégradation d'hygiène ainsi qu'une décoloration des surfaces peintes de la ville(**Fig.61**).



Fig.61 : *dégradation du paysage et décoloration des constructions.*

VIII.2- Impact des gaz et lubrifiants :

Le transport du minerai est assuré par des travers bancs et des camions. Ces engins circulent constamment au niveau des pistes de roulage reliant les quartiers de la mine. Les gaz d'échappement des moteurs diesel constituent une source de pollution atmosphérique embarrassante(**Fig.62**). Ces gaz sont riches en monoxyde et dioxyde de carbone, et en d'autres produits chimiques. Ces derniers réagissent entre eux et produisent de faibles quantités d'ozone tout en sachant que ce gaz contribue au réchauffement climatique et il est considéré comme étant l'une des causes des pluies acides. L'abattage par explosifs est à son tour générateur des gaz toxiques. Quant aux lubrifiants, quand ils sont jetés dans la nature, ils contaminent le sol et les eaux superficielles.



Fig.62: *Camions à moteur diesel utilisés pour le transport du minerai dans la mine.*

VIII.3- Impact des bruits et vibrations :

Les bruits générés par les travaux d'extraction, aux tirs de mine et à la circulation des engins, aux avertisseurs de recul des véhicules, aux sonneries de sécurité et aux installations de traitement. Leurs conséquences affectent la qualité des vies des riverains, la faune et certaines valeurs sociales et économiques. L'impact de ces nuisances sonores favorise l'affection des agents exposés directement à des sérieux problèmes de santé à savoir :

- La surdité.
- La mauvaise communication entre les agents travaillant dans le même lieu.
- Problèmes psychologiques des agents exposés.

À Ouenza, au moins deux personnes par année sont affectées par la surdité.

L'origine essentielle des vibrations est principalement liée aux tirs de mine avec pour conséquence la menace portée à la santé du personnel, aux constructions, aux relais et aux antennes diverses, aux structures naturelles (sources naturelles, fissuration des massifs rocheux) (**Fig.63**), (**Fig.64**) et (**Fig.65**). En outre, les tirs de mine ont une influence sur les cours et la qualité des eaux.

En plus, on enregistre également l'impact des ondes acoustiques sur la population avoisinante (cas de la cité dite « Zouabi » située à proximité des quartiers de Koudiat Ed Douamis et Hallatif).



Fig.63 : Engins générateurs de bruit.



Fig. 64: Chargement du minerai, l'une des sources de bruit.



Fig.65 : Les explosifs, émetteurs de bruit et des vibrations.

VIII.4- Impact sur les eaux et le sol :

L'alimentation du site en eau dérive de la station de pompage de « Souda » à hauteur de 4459/m³ environ. La majeure partie de l'eau consommée est employée pour les besoins de lavage, arrosage et domestique. La zone est reliée au système d'assainissement collectif de la commune d'El Ouenza. Les eaux pluviales des toitures ne sont pas collectées, elles sont orientées directement vers la nature tout en lessivant les murs des constructions. Ces eaux seront donc chargées en éléments chimiques qui sont les composés des poussières déjà déposées, et elles vont automatiquement contaminer le sol.

Les rejets des eaux de lavage, les huiles de vidange, les carburants et les solvants d'entretien entraînent une pollution à long terme des nappes. Ces polluants peuvent avoir une vitesse de progression dans le sol de l'ordre de dix fois celle de l'eau.

VIII.5- Impact des fossés et des vides :

L'extraction du minerai ferrifère d'El Ouenza crée des vides et des fossés au sein du massif. Les travaux d'exploitation du cuivre gris par les romains ont laissé des vides (galeries souterraines) au niveau de Koudiat Ed Douamis et Hallatif(**Fig.66**). Ce changement de l'état initial a un impact négatif sur l'environnement. Il se traduit par les risques d'affaissement, l'instabilité des terrains et la dégradation de la faune de la flore et du paysage.

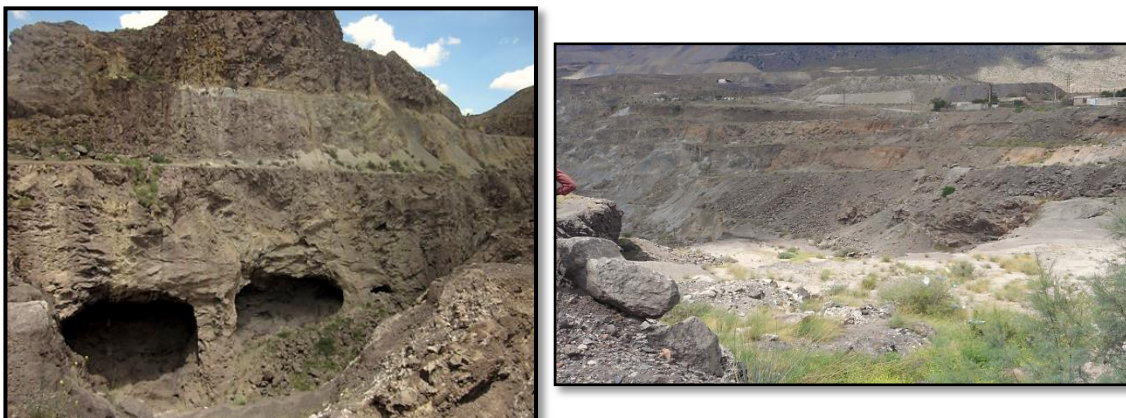


Fig.66 : Vides laissés par l'exploitation.

VIII.6- Impact des déchets :

Les déchets résultant de l'activité minière seront des poussières ferrifères du minerai concassé, ces produits pourront être valorisés, d'autres produits tels que les pierres et éléments ferromagnétiques seront également récupérés séparément, ils seront traités comme les autres déchets banals (déchets de bureau...)(Fig.67), (Fig.68) et (Fig.69). Étant donné que la mine d'El Ouenza est soumise à la taxe, les ordures ménagères sont enlevées par le service de nettoyage de la commune d'El Ouenza.



Fig.67 : Déchets jetés anarchiquement dans la nature.

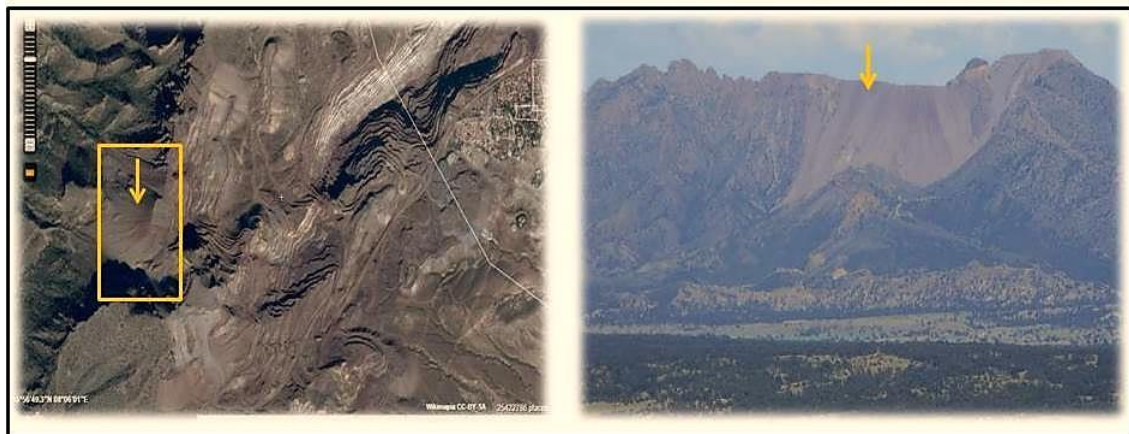


Fig.68 : Image satellite des terrils d'El Ouenza.

Fig.69 : Stock de terril à Ouenza (vue de M'khiriga).

IX. MESURES D'ATTENUATION :

L'objectif prioritaire de la lutte contre la pollution est la préservation à tout prix de la santé publique, la suppression du gêne ressentie par la population du fait de la pollution par les poussières, les gaz, les bruits, ou autres ainsi que le fait de la dégradation des biens matériels.

Pour diminuer, voire compenser l'impact des différents polluants et nuisances résultant de l'activité minière, nous sommes convenus de proposer certaines recommandations qui doivent être prises en considération en plusieurs phases à savoir avant, pendant et en fin d'exploitation.

- Le respect des consignes de sécurité et les textes réglementaires.
- La disponibilité des moyens de protection individuels et collectifs.
- Chaque agent doit être muni d'un casque et un masque anti poussière
- L'arrosage cyclique et permanent des pistes de roulage.
- Mise en place des dispositifs de dépoussiérage dans certaines sources de poussières, tels que les capteurs, extracteurs, murs d'isolation...
- Création des espaces verts dans les différents ateliers et lieux publique limitrophes.
- Formation du personnel de la structure chargée de la sensibilisation et la sécurité.
- Visite médicale systématique du personnel actif dans la mine ou personnes habitant au voisinage.
- Étude et limitation du rayon d'influence des ondes vibratoires.
- Application des consignes et règles de sécurité lors d'utilisation des explosifs au niveau des quartiers « Douamis et Hallatif », le problème de propagation des ondes vibratoires représente un facteur déterminant le choix et la faisabilité de l'exploitation de leurs réserves, car ils sont situés au voisinage de la cité d'habitation dite « Zouabi ».
- Sensibilisation et formation du personnel de la mine, en particulier les boutes feu, sur les règles de sécurité d'utilisation des explosifs et des artifices
- Renouvellement des anciens engins qui dégagent plus de gaz (CO).
- Récupération des lubrifiants usés et éviter de les jeter dans la nature.
- Choix des endroits de mise à terril et reboisement des zones épuisées et les périmètres des différentes décharges afin de former un paysage attirant sans pour autant favoriser d'autres problèmes liés à l'environnement.
- Construction des portes avec fermetures solides pour chaque entrée d'excavations au jour.
- Mettre en place des plaques de signalisation indiquant les quartiers épuisés et abandonnés.
- Contrôler l'affaissement et le glissement des terrains.

- Limitation des charges unitaires d'explosifs et contrôle de la qualité de bourrage pour réduire l'effet de bruits des tirs.
- Un contrôle systématique du niveau de bruit par les mesures nécessaires.

Bien évidemment ce n'est pas toutes les mesures qui existent il y a d'autres très importantes, c'est pour cela que l'installation d'un groupe chargé de contrôle et de suivi au sein de l'entreprise est nécessaire pour une sécurité et préservation de l'environnement plus efficace.

IX. Conclusion :

Tous les impacts éventuels de l'exploitation de la mine d'El Ouenza touchent pratiquement le milieu naturel (faune, flore, sol, eau et air) et la santé humaine des travailleurs et les villages avoisinants.

Cependant les impacts causés et qui seront causés au fur et à mesure de l'avancement des travaux, peuvent être atténués ou compensés du fait que les techniques utilisées sont simples et peuvent réduire les effets à taux élevés, sauf un impact résiduel qu'on ne peut et en aucun cas supprimer qui est la topographie du site qui doit être soumise à des mesures de compensation.

Le seul impact positif de cette exploitation est l'impact socio-économique qui se résume comme suit :

- Création d'emplois direct et indirect.
- Avantages économiques de l'exploitation pour la wilaya et de ses régions.
- Apport considérable en renflouant le trésor public par diverses recettes.

Conclusion générale :

A l'issue d'une humble étude géologique et chronologique des minéralisations de Koudiat Ed Douamis et particulièrement sur le cuivre gris, plusieurs déductions peuvent être tirées :

Du point de vue stratigraphique, la zone d'étude se distingue par des formations calcaires récifales et un Trias diapirique gypseux salin.

Du point de vue structural la région a connu deux types de tectonique :

- Une tectonique souple marquée par le grand plissement atlasique orienté NE-SW.
- Une tectonique cassante qui se manifeste par des failles de direction dominante NE-SW et NW-SE, ajoutant à celle-ci des failles transverses, des stylolites, des diaclases et fentes de tension.
- Un diapirisme triasique causant le renversement des séries crétacées.

Une lithification et une intense silification ont affecté les formations calcaires. Celle-ci s'exprime par une abondance des grains de quartz, bipyramidé.

Ces calcaires portent deux sortes de minéralisation :

- Une minéralisation ferrifère qui serait issue de la transformation des calcaires en sidérite par métasomatose. Cette sidérite a été portée au-dessus du niveau hydrostatique et a subi une hématitisation qui se poursuit jusqu'à l'actuel. Elle présente des morphologies en amas, en couches conformes à la stratification des calcaires encaissant et en filonnet.
- Une minéralisation polymétallique : elle se manifeste par le cuivre gris, la pyrite, la chalcopirite, la galène, la barytine et la fluorine. Elle se repère principalement dans les fractures NE-SW affectant les calcaires aptiens. Elle est sous forme filonienne, en remplissage de poches de dissolution pour la fluorine et le quartz et en disséminations pour la galène. Le cuivre gris apparaît en petits amas, en veinules et en disséminations importantes dans l'hématite, ce qui nuit à l'élaboration de l'acier qui se heurte à des problèmes techniques lors de la séparation du fer du cuivre.

La minéralisation polymétallique est postérieure à celle ferrifère. Il est important de noter que le cuivre gris est d'origine épigénétique, et s'est déposé suite à plusieurs phases de fracturations qui ont permis la circulation des fluides minéralisateurs.

Enfin l'étude d'impact sur l'environnement au niveau de la mine d'El Ouenza ne doit pas se limiter uniquement à l'étude d'impact des polluants atmosphériques, mais tous les facteurs qui peuvent menacer directement ou indirectement la vie naturelle et sociale des habitants, de la faune et de la flore.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aissaoui, H ; Mancer, M. (2007) : Contribution à l'étude géologiques des minéralisations à Cu, Pb-Zn, (F, Ba) de djebel Ouenza (Atlas saharien oriental, Algérie). Mémoire d'ingénieur d'état en géologie, option géologie minière. USTHB/FSTGAT.

Aouadi et Belkhaous. (2011) : contribution à l'étude gîtologique des minéralisations ferrifères du massif de djebel Boukhadra (Tébessa). Mémoire de Master II en géologie minière, option ressources minérales et environnement. USTHB/FSTGAT.

Aoudjehane, M. (1991) : Distribution des gîtes à Pb-Zn et fer sidéritique dans le NE algérien, In : Sami 2011.

Ayadi.B. (2010) : Caractérisation et choix d'un schéma de traitement du minerai de cuivre-fer de Douamis (Ouenza). Thèse de magister en mine, option gestion et valorisation des ressources minérales. Université Badji Mokhtar, Annaba.

Beghoul, M. (1974) : Etude géologique de la région de Hameimat (SE Constantinois). Application à la recherche pétrolière des confins algéro-tunisiens. Thèse. Doct. Ing., Paris.

Beguire,L. (2007) : Etude gîtologique et géostatistique des minéralisations à Fe-Cu du gisement de Doumis(Ouenza, Algérie). Thèse de magister, option prospection des ressources minérales et énergétiques. Université Badji Mokhtar, Annaba.

Belhocine,H et Oudni,S.A. (2014) :Etude des minéralisations à célestine de la région de Tébessa. Mémoire de master II en géologie minière, option ressources minérales et environnement. USTHB/FSTGAT, Bab Ezzouar, Alger.

Bellagh et Mouchène. (2010) : Caractérisation minéralogique et Chronologie relative des minéralisations ferrifères (Fe) et polymétalliques (Pb, Cu, Zn Ba et F) du Djebel Ouenza (Atlas Saharien oriental, Algérie). Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Géologie, option Géologie Minière. FSTGAT/USTHB, Bab Ezzouar, Alger.

Bensabaï,F et Djouadi, N. (1994) : Contribution à l'étude gîtologique et structural de l'indice polymétallique du Khkouh (Ouenza) nord-est algérien. Mémoire d'ingénieur d'état en géologie minière. USTHB/FSTGAT, Bab Ezzouar, Alger.

Boudhak,A et Saidi, N. (2011) : Etude de la pollution minière dans le district minier d'El Ouenza. Mémoire de magister en géologie minière, option ressources minérales et environnement. USTHB/FSTGAT, Bab Ezzouar, Alger.

Bouzenoune, A., Rouvier, H. & Thibieroz, J. (1995) : Trias de l'Ouenza : contexte diapirique, zonation minéralogique et conséquences métallogéniques. Bull. Serv. Géol. Algérie vol 6, n°1, pp. 3-24.

Bouzenoune, A., Rouvier, H. & Thibiéroz, J. (1998) : Le gisement de fer de l'Ouenza (nord est algérien) : relation entre le minerai carbonaté et le minerai oxydé. Centre universitaire de Jijel B.P98 Ouled Aissa, 18000 Jijel, Algérie.

Bouzenoune, A., Rouvier, H. & Thibiéroz, J. (2006) : Chronologie relative et conditions de mise en place des minéralisations du massif de l'Ouenza (Algérie NE). Bulletin du Service Géologique National, 17 (1), pp. 3-27.

Bouzenoune, A., 1993. Minéralisations périadiapiriques de l'Aptien calcaire : Les carbonates de fer du gisement hématitique de l'Ouenza (Algérie orientale). Thèse Doct, d'Univ. Paris IV.

Chacha, A. (2012) : Géodynamique des bassins triasiques de l'atlas saharien orientale et implication pétrolière, Thèse Magistère FSTGA, Université de Boumerdes, Algérie.

Chikhi Aouimer,F. (1980) : Les rudistes de l'Aptien supérieur du Djebel Ouenza (Algérie NE). Paléontologie, contexte stratigraphique et paléogéographique. Thèse 3^{ème} cycle. USTHB/FSTGAT, Bab Ezzouar, Alger.

Decourt,M ; Tefiani et J,M, Vila.(eds).(1994) : Tria'95. Mémoire n°6 du serv.Geol. Algérie. Boumerdes .159P

Dubourdiou, G. (1956) : Etude géologique de la région de l'Ouenza (confins algéro-tunisiens). Thèse Sci.Paris. Publ. Serv. Carte géol. Algérie, n.s, Bull., n°10.

Dubourdiou, G. (1959) : Esquisses géologiques de Dj Mesloul. Bull n° 21 Service de la Carte Géologique de l'Algérie.

Haddouche, O. (2010) : Les minéralisations à Ba, Pb-Zn, Cu, Hg liées au segment NE du Djebel Azreg-Djebel Khnechla (NE d'Algérie) : géologie, gîtologie et apport de l'étude des

inclusions fluides. Thèse Doct d'état, option géologie. USTHB/FSTGAT, Bab Ezzouar, Alger.

Kazi Tani, N. (1986) : Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. Thèse Doct. ès Sciences, Univ. Pau et des pays de l'Adour, 2 tomes.

Madre, M. (1969) : Contribution à l'étude géologique et métallogénique du Djebel Ouenza (Est-algérien). Thèse 3^{ème} cycle, Paris, France.

Masse et Al. (1982) : La plate-forme carbonatée de l'Ouenza (Sud constantinois, Algérie). Organisation et dynamique durant l'Aptien supérieur. Géol. Méditer., Marseille, vol. IX, n°3, pp. 259-267.

Masse, P. & Thieuloy, J..P. (1979) : Précisions sur l'âge des calcaires et des formations associées de l'Aptien du Sud-Est constantinois (Algérie). Conséquences paléogéographiques. Bull. Soc. Géol. Fr., vol.7, n°1, pp. 65-71.

Messaoui,Z et Ramdane, A. (2014) : étude géologique et gîtologique de la minéralisation à Pb-Zn, F, Bade Hameimat nord (Tébessa, Atlas saharien oriental). Mémoire de masterII en géologie appliquée, option ressources minérales et environnement. Université de Tizi Ouzou.

Othmanine, A. (1987) : Les minéralisations en Fluorine, Barytine, Pb, Zn et Fe sidéritique autour du fossé de Tébessa-Morsott. Relation entre paléogéographie albo-aptienne, Diapirisme, structure et métallogénie. Thèse de doctorat d'état. Université p.m. curie.

Perthuisot, V. (1978) : Dynamisme et pétrogenèse des extrusions triasiques en Tunisie septentrionale. Trav. Labo. de Géol, ENS, Paris, n° 9, 312 p.

Sami, L., Kolli, O., Boutaleb, A.(2012) : caractérisation géologique et géochimique des inclusions fluides des minéralisations polymétalliques du Djebel Ouenza (confins algéro-tunisiens). 2^{ème} colloque international sur la géologie du Sahara. Thème II, ressources minérales et hydrocarbures.

Sami, L. (2011) : Caractérisation géochimique des minéralisations à Pb-Zn, Fe, Ba, Cu, Fe et Hg des confins Algéro-Tunisiens. Thèse. Doct. D'état, USTHB (FSTGAT), Alger. Algérie.

Taleb Naris,S.(2012) : Contribution à l'étude d'impact de l'exploitation du gisement ferrifère de la mine de Ouenza sur l'environnement. Thèse de magister en pollution des écosystèmes ; diagnostic et procédés de traitement. Université Badji Mokhtar, Annaba.

Thibieroz et Madre. (1976) : Le gisement de sidérite du Djebel El Ouenza (Algérie) est contrôlé par un golfe de la mer aptienne. Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du nord, Alger. t.67, fasc. 3-4, pp. 126-150.

Vila. J-M. (1980) : La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse de doctorat d'état Université P.M.CURIE (Paris VI).