



كلية العلوم
والتقنيات - مراكش
FACULTE DES SCIENCES
ET TECHNIQUES - MARRAKECH



UNIVERSITE CADI AYYAD
FACULTE DE SCIENCES ET TECHNIQUES
MARRAKECH

Département des Sciences de la Terre

Licence Sciences et Techniques
GEOLOGIE APPLIQUEE AUX RESSOURCES MINIERE

Etudes géologiques du sondage HS103 du gisement de Hajjar (Maroc)

Réalisé par :
ISMAIL ELJABALY
SAMIRA IBOUDA

Encadrés par :
MR A. TOUIL
MR A. KHALIFA

2016-2017

Remerciement

C'est pour nous un plaisir autant qu'un devoir de remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté de mener à terme ce présent travail. Ainsi nous exprimons notre gratitude en premier lieu à la Direction Générale de la Compagnie Minière des Guemassa qui a bien voulu nous accorder ce stage en répondant favorablement à notre demande. Nous adressons nos vifs remerciements à notre encadrant Mr A.Touil professeur à la faculté des sciences et technique de Marrakech pour son encadrement, son soutien sans failles et sa disponibilité. Ses conseils, ses suggestions de lecture, ses corrections et ses qualités géologiques ont été très précieuses pour mener à bien cette tâche.

Les termes nous manqueront pour exprimer nos reconnaissances les plus respectueuses à tout le personnel du service exploitation, nous tenons à remercier spécialement Mr M.Outhounjite, chef de service exploitation du CMG, et Mr A.Khalifa, cadre géologue pour son encadrement, sa patience le long du stage, ses commentaires durant la réalisation de ce mémoire, qu'il trouve ici l'expression de nos profond respect.

Notre gratitude va particulièrement aux gens du service géologie à savoir Mr. Abdeslam, Mr. Rouko, Mr Daoud, et aussi l'équipe de la station de la préparation mécanique (Hamid, Mahfoud, Youssef, Amzil).

Nos remerciements sont destinés à Mr Elghorfi, chef de filière géologie appliquée aux ressources minières et professeur à la Faculté des Sciences et Techniques Marrakech. Nous tenons également à adresser nos plus sincères remerciements à l'ensemble du corps enseignant de la FSTG, pour avoir porté un vif intérêt à notre formation ainsi qu'aux membres de jury d'avoir accepté de juger ce travail et à le technicien du laboratoire des lames minces à la FST, Mr A. Knidr qui a été très coopératif en nous confectionnant les lames minces à temps réel malgré ses lourdes charges au sein du laboratoire. Les termes nous manquent pour exprimer notre gratitude à Mr Rhoujjati Chef de département du géologie ; et Professeurs à la Faculté des Sciences et Techniques Marrakech.

Enfin, nous dédions ce travail à nos parents, à nos familles ; à nos amis qui avec leurs amours, leurs patiences et leurs soutiens nous permettons d'être aujourd'hui devant vous.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE :	4
PARTIE1 :CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU GISEMENT DE HAJJAR	6
1- Historique DE LA MINE :	7
2- Situation géographique :	8
3- Cadre géologique :	8
3.1- Cadre géologique général :	8
3.2- Cadre local :	9
4- Présentation du gisement polymétallique de HAJAR :	10
5- La lithostratigraphie du secteur minier de Hajjar :	11
6- Analyse structurale de la région de Hajjar :	13
7- La métallogénie de gisement de Hajjar :	14
7.1- La Morphologie des corps minéralisés du Hajjar:	14
7.2- La Relation minéralisation-encaissant:	14
7.3- La Succession paragénetique :	15
8- Altération Hydrothermale :	15
9- Métamorphisme :	16
10- Volcanisme :	17
11- Mode de la mise en place :	17
PARTIE 2 : ETUDE GEOLOGIQUE DU SONDAGE HS103	19
1- Etude lithostatigraphique du sondage HS103 :	20
1.1- Introduction :	20
1.2- La description du sondageHS103 :	22
2- Etude pétrographique	23
3- Altérations hydrothermales	31
3- Etude Métallographique :	32
CONCLUSION	34

ANNEXE :	35
LISTE DES FIGURES :.....	35
LISTE DES TABLEAUX :	36
LISTE DES ABREVIATIONS :	37
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE :.....	38

INTRODUCTION GENERALE :

Le domaine des mines au Maroc constitue un apport économique important pour le pays, car il renferme des structures géologiques diverses et très demandées à l'échelle locale et internationale. Ces structures sont connues par des concentrations de nombreuses substances minérales. Ces substances offrent au Maroc une richesse de 2.83 % de son PIB. (El Adnani, 2008)

Actuellement, la région de Marrakech connaît un nombre important de mine, tel que :les gisements de Draa Sfar et Hajjar sont les principaux gisements en cours d'exploitation pour leurs métaux de base : plomb (Pb), zinc (Zn) et cuivre(Cu). La mine de Hajjar appartient au domaine hercynien marocain et fait partie des gisements de type VMS. Elle est connue par un important potentiel métallifère dans lequel la minéralisation se présente en amas bien développé à stockwerk. La minéralisation polymétallique est subdivisée en trois corps minéralisés : corps principal, corps Nord-Est et le corps ouest descendierie.

L'objectif principal du présent travail est de vérifier si le sondage HS103 traverse toute la série de Hajjar ou bien il n'atteint que les formations au toit de la minéralisation.

Pour atteindre cet objectif, nous avons réalisé :

- ✓ Une étude lithologique du sondage HS103 qui consistait en étude macroscopique des faciès en vue d'établir un log stratigraphique.
- ✓ Une étude pétrographique et métallographique.

Notre sujet porte sur une étude géologique de la partie corps principal du gisement de Hajjar en perspective de l'évolution minéralogique des sulfures. Pour cela, cette étude comprendra les volets suivants:

- Une étude lithologique des formations encaissantes et porteuse de la minéralisation.
- Une étude microscopique consiste la caractérisation pétrographique et métallographique.

Ce travail entre dans le cadre du stage fin d'étude de licence « géologie appliquée aux ressources minière » à la faculté des sciences et technique de Marrakech. Ce stage a été effectué à la mine de Hajjar qui appartient à la compagnie minière des Guemassa (CMG), qui est une filiale du groupe ONA.

Le groupe ONA est présent dans le domaine des mines depuis 1928. Dans le but de réunir l'ensemble des compétences au sein d'une même structure, le groupe ONA a regroupé l'ensemble de ces participations minières au sein de MANAGEM.

Aujourd'hui MANAGEM est composé de six sociétés d'exploitation minière :

- ✓ CMG : la compagnie Minière des Guemassa le gisement polymétallique de Zinc, plomb, cuivre, et argent de Hajjar, situé
- ✓ CTT : la compagnie de TifnoutTiranimine elle est spécialisée dans l'exploitation du cobalt primaire et d'argent.
- ✓ SMI : créée en 1969, elle exploite l'argent d'Imiter
- ✓ AGM: Akka Gold Mining, mine d'Or
- ✓ SAMINE : exploite le gisement d'EL Hammam située à 45Km de la ville de Meknès. Elle est parmi les premières entreprises minière productrices de Fluorine dans le monde.
- ✓ REMINEX : Elle représente le principal outil de recherche et de développement du pole mine de l'ONA. Elle est spécialisée dans la recherche, et l'exploitation.

PARTIE1 :CADRE GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DU GISEMENT DE HAJJAR

1- Historique DE LA MINE :

Depuis la découverte du gisement de Kettara, la province des Jebilets et de Guemassa a connu plusieurs travaux d'exploration visant la recherche d'autres gisements. En effet cette région a été le siège de plusieurs campagnes géophysiques depuis les années 1930 ; dans le cadre de programmes lancés par la direction de la géologie du ministère de l'énergie et des mines, BRPM et par BRGM. L'anomalie de Hajjar a été détectée lors de la campagne GEOTERREX en 1968. La vérification au sol de cette anomalie et d'autres situés dans le Guemassa n'a été entreprise qu'en 1984 dans le cadre d'une convention entre la direction de la géologie et le BRPM.

Dans le cadre de ce programme un premier sondage a été implanté sur une anomalie magnétique en Octobre 1984 et a recoupé 120 m de minerai massif et une trentaine de minerai fissural ou en stockwerk, dans des formations volcano-sédimentaires sous 120m de couverture moi-pliocène et quaternaire. Jusqu'en Février 1988, le BRPM poursuit les travaux de recherche et de reconnaissance par sondage carottés (28 sondages) et travaux miniers (puits I et niveau 235). La compagnie minière de Guemassa C.M.G avec 70 % ONA et 30 % BRPM créée en février 1988 reprend des travaux miniers de reconnaissance à savoir :

- ✓ Recherche minier (sondages carottés (fond et jour)) sondages percutants, ...
- ✓ Travaux miniers (niveaux 620, 600, 580, 520, 380, rampe, descenderie et puits II...)
- ✓ Travaux d'infrastructures.
- ✓ Recherches hydrogéologiques.
- ✓ Etude de faisabilité.
- ✓ Valorisation (une usine pelote mobile 200 t /j).

Tous ces travaux ont favorisé un démarrage de production en 1992, avec une cadence de 2.400 t/j qui a été augmentée à 4.500 t/j en 1996.

2- Situation géographique :

Le gisement polymétallique de Hajjar se situe dans la plaine du Haouz, à 35 Km au sud de Marrakech. Il est localisé dans une zone où le socle paléozoïque est couvert par des couches Miopliocène et n'affleure que sous forme de boutonnières (Figure 1).

Dans cette partie du Haouz, le paysage morphologique est constitué d'un ensemble de collines d'altitudes environnant 600 à 800m. (Figure 1).

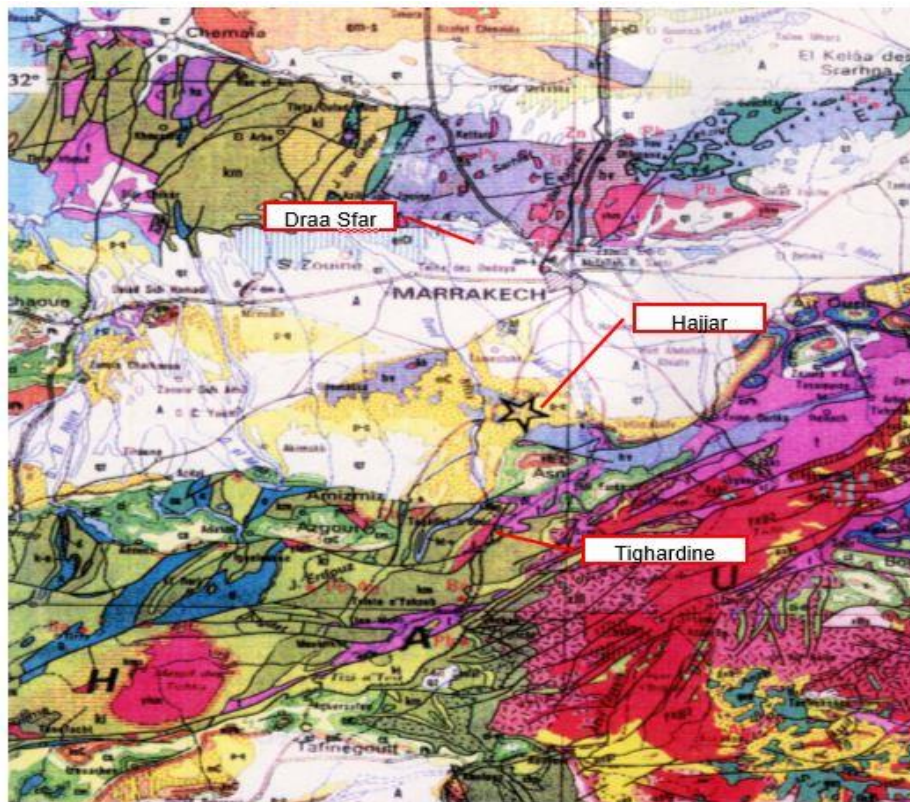


Figure 1: Carte de localisation géographique de la mine de Hajjar.

3- Cadre géologique :

3.1- Cadre géologique général :

Géologiquement on distingue cinq grands domaines structuraux au Maroc (Piqué et Michard, 1989):

- ✓ **Domaine Saharien :** formé par des terrains d'âge protérozoïque inférieur, intensément déformés et métamorphisés durant l'orogénèse éburnéenne (2000Ma).

Ces séries protérozoïques sont couvertes au nord par les roches paléozoïques non déformées du bassin de Tindouf.

- ✓ **Domaine Anti-Atlasique** : constitué d'un socle structuré par l'orogénèse panafricaine (680 et 570 Ma) (Leblanc et Lancelot, 1980). Sa couverture protérozoïque terminale et paléozoïque est affectée par une déformation hercynienne relativement modérée.
- ✓ **Domaine Mésétien** : Le Domaine Mésétien a été défini par Gentil (1918) comme étant le domaine de la chaîne hercynienne du Maroc.

Il est constitué d'un socle paléozoïque couvert en discordance par des séries méso-cénozoïques non déformées. Ce domaine est séparé en deux parties par le Moyen Atlas, (Termier, 1936; Michard, 1976) :

- ✓ **la Méséta Occidentale** : dite marocaine. Elle est constituée de trois grands massifs paléozoïques, le Massif central ou Maroc central, les Rehamna et les Jebilet, qui apparaissent à l'affleurement au sein de la couverture méso-cénozoïque.
- ✓ **La Méséta Orientale ou Oranaise.** : Elle est composée de plusieurs boutonnières (Jerada, Debdou, Mekam et Midelt) dont les affleurements des terrains paléozoïques sont relativement plus restreints.
- ✓ **Domaine Atlasique** : Le domaine atlasique est constitué de deux chaînes de montagnes, le Haut Atlas et le Moyen Atlas (Michard, 1976). Le Moyen Atlas, de direction NE-SW, sépare la Méséta en deux. Ce domaine est formé d'une épaisse série permo-mésozoïque et cénozoïque, plissée au cours de l'orogénèse atlasique. Les phases de plissement sont d'âge jurassique-supérieur et tertiaire. En outre, il renferme des terrains paléozoïques tels que le bloc Paléozoïque du Haut Atlas occidental et les boutonnières du Haut Atlas central et oriental et celles du Moyen Atlas.
- ✓ **Domaine Rifain** : Le domaine Rifain est le domaine le plus chaîne alpine périméditerranéenne. Il est formé de terrains allochtones chevauchant la Meseta. On y connaît aussi des terrains paléozoïques qui affleurent surtout dans la partie interne de la chaîne.

3.2- Cadre local :

Le gisement de Hajjar est situé dans le massif paléozoïque des Guemassa. Ce massif appartient à la Meseta centrale caractérisée par une sédimentation quasi-continue du

Cambrien au Westphalien et par une phase tectono-métamorphique intra-westphalienne. Il représente un maillon important entre les grands massifs Mésétien au nord et ceux du Haut Atlas au sud et correspond à la surrection de roches paléozoïques au cœur de la plaine du Haouz. Dans cette zone, le socle d'âge viséen n'affleure que sous forme de boutonnières au sein d'une couverture d'âge Miopliocène et quaternaire. Ce dispositif de boutonnières apparaît aussi au nord de la plaine de la Bahira, d'où jaillit le massif des Rehamna. Les affleurements dans la zone de Hajjar présentent des faciès similaires à ceux de la série de Sarhlef dans les Jebilet (Piqué, 1994).

Le gisement polymétallique de Hajjar est situé sous 120m environ de couverture Miopliocène et quaternaire.

Il est constitué de terrains sédimentaires et volcano-sédimentaire d'âge viséen supérieur- namurien. Deux domaines y sont distingués:

- ✓ **le domaine des Guemassa (S.S.) ou Guemassa occidentales** : qui comporte une série schisteuse de type flysch caractérisée par des intercalations de roches acides sous forme de lames et/ou silts (volcanisme effusif et fissural), rarement sous forme de tufs et tuffites acides (Maier et al. 1986).
- ✓ **le domaine d'Imarine ou Guemassa orientales** : où s'inscrit l'amas sulfuré de Douar Lahjar, qui est constitué d'une série tuffitique mise en place par écoulement turbiditique au pied d'un talus ; le volcanisme s'y présente sous la forme de roches d'épanchements acides (laves, dômes et "débrisflows"), mises en place dans des sédiments plus ou moins lithifiés (Gros et al., 1986).

4- Présentation du gisement polymétallique de HAJAR :

Le gisement à Pb-Zn-Cu de Hajjar (Douar Lahjar) est le premier gisement de type (VMS) décrit au Maroc. Il est classé parmi les 10 premiers gisements de Zn au monde. Il forme une masse économique de 16 M/t à 8% de Zn, 2 à 3% de Pb, 0,4 à 0.6% de Cu et 60 g/t Ag (Hibti, 2001). C'est un amas sulfuré à pyrrhotite-sphalérite encaissé dans une série volcano-sédimentaire viséenne épi-métamorphique. Cet amas est caractérisé par une paragenèse sulfurée assez particulière par sa composition à pyrrhotite presque pure et sphalérite pauvre en fer avec chalcopryrite et galène subordonnées. L'amas sulfuré est subdivisé en quatre corps minéralisés : le corps principal (CP), le corps Ouest descenderie (CWD), le corps extrême ouest descenderie (EXWD) (nouveau corps) et le corps Nord-Est (CNE).

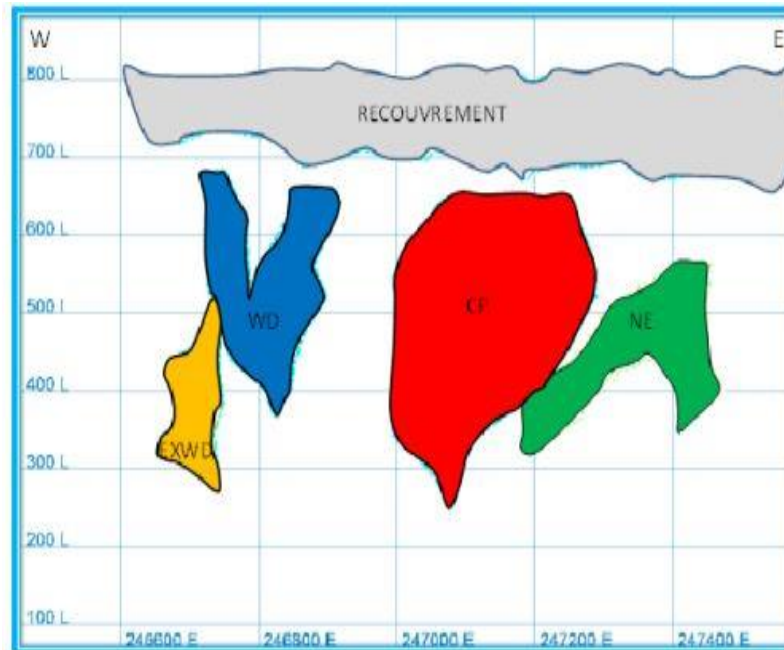


Figure 2 : Morphologie du gisement de Hajjar (document interne CMG)

5- La lithostratigraphie du secteur minier de Hajjar :

La lithostratigraphie du gisement de Hajjar est subdivisé en 3 unités (Figure 3) :

- ✓ **L'unité basale** : caractérisée par une abondance de formations volcanique et volcano-clastique à degré d'acidité plus ou moins élevé, et marquée essentiellement par l'existence des silts et des laves ;
- ✓ **L'unité médiane** : Qui contient le corps minéralisé est d'une épaisseur de 20 à 100 m. La minéralisation sulfurée repose au niveau de la partie centrale, sur une zone bréchique de puissance et d'extension métrique constituant ainsi la zone de stockwerk.
- ✓ **L'unité sommitale** : caractérisée par des Faciès à granulométrie très fine essentiellement de silt et des grés. L'ensemble est couvert par des formations Miopliocène et Quaternaire.

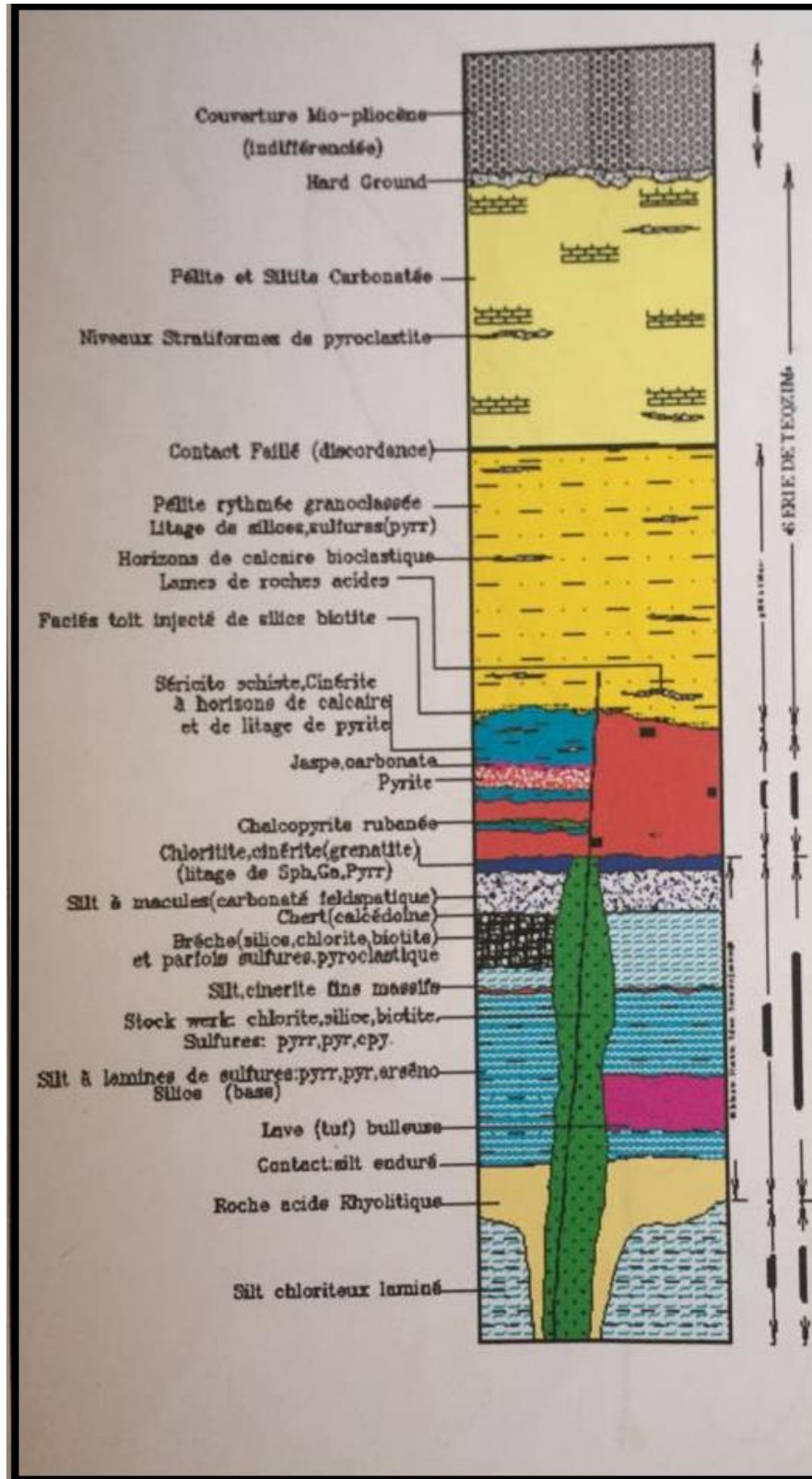


Figure 3 : log synthétique du Gisement de Hajjar (document interne)

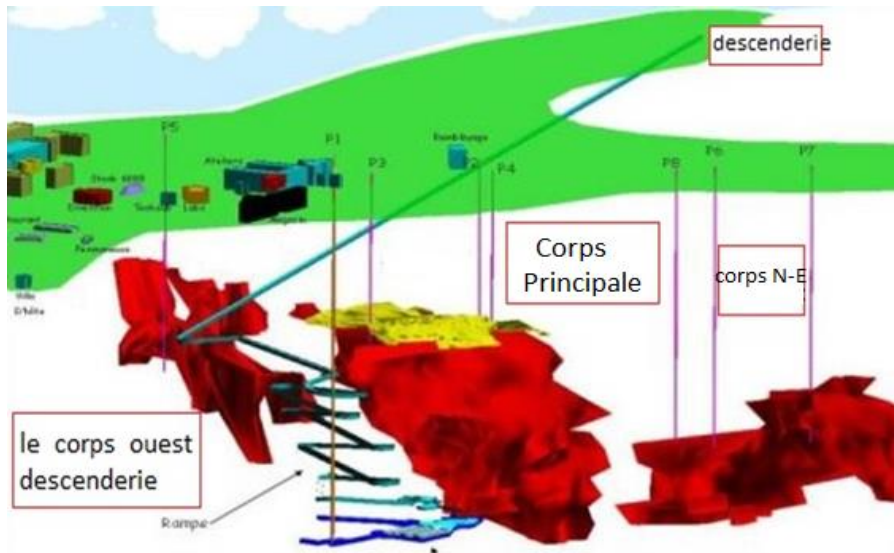
6- Analyse structurale de la région de Hajjar :

Le massif de Guemassa a connu plusieurs travaux d'ordre structural (*Gros et al., 1983, 1986 ; Soulaïmini, 1991 ; Hibti, 1993 ; Raqiq, 1997*). La synthèse des résultats de ces travaux permet de définir trois phases de déformation :

- ✓ **Phase distensive, anté-schisteuse** : associée à la formation des bassins dévonocarbonifères, matérialisée par la présence de failles normales de direction subméridienne (N-S à NE-SW). Les slumps et les flexures donnent à cette phase un caractère syn-sédimentaire.
- ✓ **Phase compressive syn -schisteuse** : caractérisée par une schistosité de flux de direction N10 à N50, des plis syn-schisteux et des jeux d'accidents décrochant. Elle est responsable de la structuration principale de l'amas sulfuré et elle affecte aussi bien le niveau minéralisé que l'encaissant sédimentaire.
- ✓ **Phase tardive, post -schisteuse** : caractérisée par des plissements de direction NE SW affectant la schistosité S1. Ce sont des plis isoclinaux qui engagent à la fois le minerai et l'encaissant. Cette phase tardive développe une schistosité de fracture S2 de direction moyenne NE-SW avec un fort pendage vers l'ouest, matérialisée par la réorientation des sulfures étirés lors de la phase précédente.

7- La métallogénie de gisement de Hajjar :

7.1- La Morphologie des corps minéralisés du Hajjar:



L'amas sulfurés sont subdivisés en trois corps minéralisés : le corps principale (CP), le corps Nord-Est (CNE), et le corps ouest descenderie (CWD), le nouveau corps Extrême ouest descenderie (ExWD) fait partie du CWD (Figure 4).

Figure 4: Morphologie des corps minéralisés du gisement de Hajjar (document interne)

7.2- La Relation minéralisation-encaissant:

La minéralisation du gisement de Hajjar constitue l'essentiel de l'unité médiane se présente sous forme d'amas ou de lentilles intercalées dans des sédiments exhalatifs. Presque toute la partie orientale du corps est occupée par la minéralisation sous forme d'amas massif, alors que sa partie occidentale, on la retrouve sous forme lenticulaire (Hibti, 2001).

La paragenèse sulfurée du gisement de Hajjar se distingue par rapport à celle des autres provinces sulfurées par une composition à pyrrhotite presque pure et à sphalérite ferrifère avec

chalcopyrite et galène subordonnées (Haimeur, 1987). Selon Haimeur (1987) et Hibti (1993, 2001) la minéralisation présente une relation variable avec son encaissant :

- la minéralisation stratiforme au mur, très riche en sulfures lités, disséminés ou remplissant des fractures tardives. Elle montre un contact normal avec l'encaissant ; dans la partie orientale des slumps caractérisent sa base. Ces microstructures syn-sédimentaires témoignent du glissement de la minéralisation lors de sa mise en place. Le contact anormal observé par endroit est le résultat d'une tectonique tardive.
- Au toit de la minéralisation (observé aux niveaux 620,580 et 520), on note une discordance entre la minéralisation et son encaissant, ou on observe un litage sédimentaire matérialisé par des lits siliceux riche en sulfures (sphalérite, galène, chalcopyrite et Arsénopyrite).

7.3- La Succession paragénétique :

Trois stades minéralisateurs ont été distingués (Hibti, 2001) : Un stade précoce avec une succession paragénétique traduisant un phénomène de syn-cristallisation de différentes espèces, alors que les stades ultérieurs (tectonique) seraient responsables des phénomènes de recristallisation et de remobilisation des différentes phases minérales.

L'ensemble des résultats obtenus sur les principaux sulfures traduisent qu'il s'agit d'amas sulfuré primaire, ayant figé les conditions de dépôts, malgré sa position dans le bassin carbonifères, qui a été le siège d'une déformation et d'un métamorphisme liés à l'orogénèse hercynienne.

8- Altération Hydrothermale :

L'étude morphologique et minéralogique des halos d'altération hydrothermale du gisement de Hajjar a permis de définir quatre zones principales. Chaque zone est caractérisée par un assemblage minéralogique, traduisant : une chloritisation, une biotitisation, une silicification au mur de l'amas sulfuré et dans les zones de stockwerk et une séricitisation dans le toit de l'amas (Hibti, 1993,2001) (Figure 5)

- ✓ Le mur de l'amas : (zone de stockwerk) dans cette zone l'altération hydrothermale est caractérisée par une paragenèse à quartz-chlorite-sulfures.

- ✓ L'amas sulfuré : l'altération hydrothermale est généralisée dans presque tous les faciès, son intensité augmente quand on s'approche du corps minéralisé. Minéralogiquement, elle se manifeste soit par des dépôts de sédiments exhalatifs, soit par le développement du chlorite (chloritisation), biotite (biotitisation), grenat et de la silice (silicification), avec une augmentation de la proportion des minéraux d'altération en allant vers la base de l'amas (*Hibti, 2001*).
- ✓ Zone centrale (toit de l'amas) : cette zone est caractérisée par une prédominance de l'altération potassique ; une séricitisation des faciès détritiques (grès-pélites) du toit de la minéralisation.

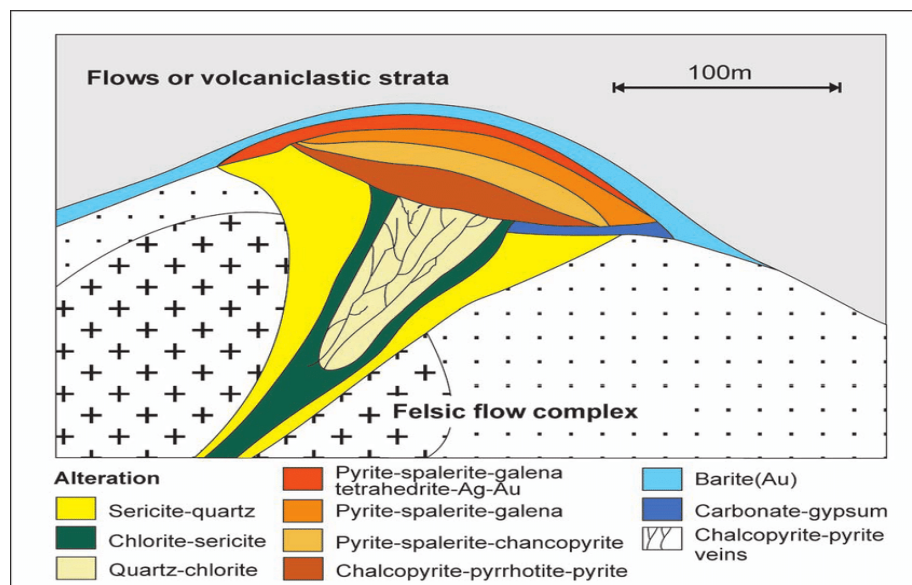


Figure 5: Zonalités des altérations hydrothermales des gisements de type VMS

9- Métamorphisme :

Le métamorphisme accompagnant la déformation est de type épizonal (*Soulaimani, 1991 ; Hibti, 1993 ; Haimeur, 1997*), avec une paragenèse à quartz, chlorite, albite et muscovite. L'existence d'un métamorphisme de contact est probable parce qu'on note un développement de la biotite au dépens de chlorite précoce. (*Hibti, 2001*). Cependant, les travaux de Gros et al., (1986) et

Hibti, (1993), au niveau du gisement de Hajjar, témoignent d'un métamorphisme type péri-plutonique par la présence de biotites Post-schisteuses (*Gros et al., 1986*).

10- Volcanisme :

La mise en place de la minéralisation de la mine de HAJJAR est associée à une activité volcanique. Cette activité se matérialise par des roches volcaniques essentiellement felsiques affectée par une bréchification hydroclastique indiquant une mise en place dans un milieu sous aquatique, il s'agit de :

- ✓ Laves rhyolitiques
- ✓ Brèches volcaniques
- ✓ Roches volcano-clastiques (les tufs acides et les coulées pyroclastiques)

11- Mode de la mise en place :

Selon Hibti, (2001), le gisement est un amas sulfuré massif enraciné sur son stockwerk avec une zonalité caractéristique à l'intérieur de l'amas matérialisée par une prédominance du Zn et du Pb latéralement et au sommet du gisement. Ceci n'est pas toujours évident à cause de la complexité des dépôts et de la morphologie. Du point de vue géodynamique, la mise en place de la minéralisation de Hajjar s'intègre dans le modèle de mise en place des amas sulfurés des Jebilet et des Guemassa (*Hibti, 2001*) qui se déroule en trois stades:

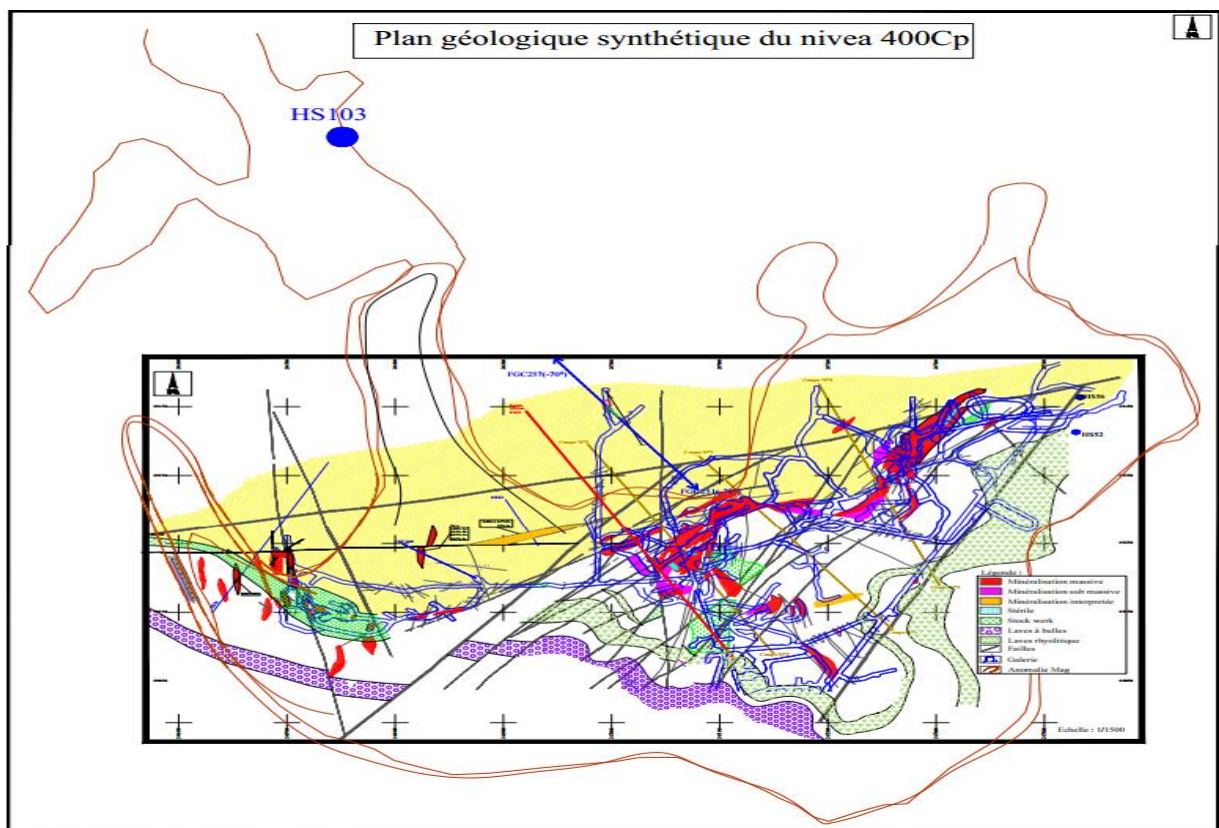
Stade 1 : La formation du bassin qui contient l'amas de Hajjar est lié à la distension du grand bassin Mésétien marocain. Pendant cette période, une activité volcanique, matérialisée par la mise en place d'un dôme rhyodacitique et d'une série volcano-sédimentaire constituée de tufs et de pélites gréseuses, se développe parallèlement à un magmatisme bimodal. La minéralisation sulfurée est le résultat de l'activité hydrothermale associée à cette activité volcanique. Les fluides hydrothermaux chargés en métaux circulent dans l'encaissant volcano-sédimentaire durant le Carbonifère. Le dépôt des sulfures se fait en même temps que la sédimentation dans un bassin à failles syn-sédimentaires.

Stade 2 : phase syn-cinématique : à l'échelle du bassin Mésétien, la compression hercynienne majeure (NW-SE) a provoqué un rejeu des structures syn-sédimentaires en failles inverses décrochantes (senestres et dextres) et le fonctionnement de zones de cisaillement ductile. Ce rejeu a engendré des basculements et des torsions des horizons minéralisés.

Stade 3 : phase post-cinématique : liée aux événements tardi-hercyniens et atlasiques et se traduit par des dislocations, des décalages et des remobilisations des sulfures. C'est un stade qui se traduit principalement par des failles remplies de brèches de quartz avec des sulfures remobilisés (pyrrhotite, chalcopyrite et trace de sphalérite et galène).

PARTIE 2 : ETUDE GEOLOGIQUE DU SONDAGE HS103

1- Etude lithostatigraphique du sondage HS103 :



1.1- Introduction :

Notre étude se focalisera sur La partie ouest du corps principal dugisement de Hajjar. Cette zone, en cours d'exploitation et de valorisation, se situe au niveau de la partie centrale du gisement (Figure 6).

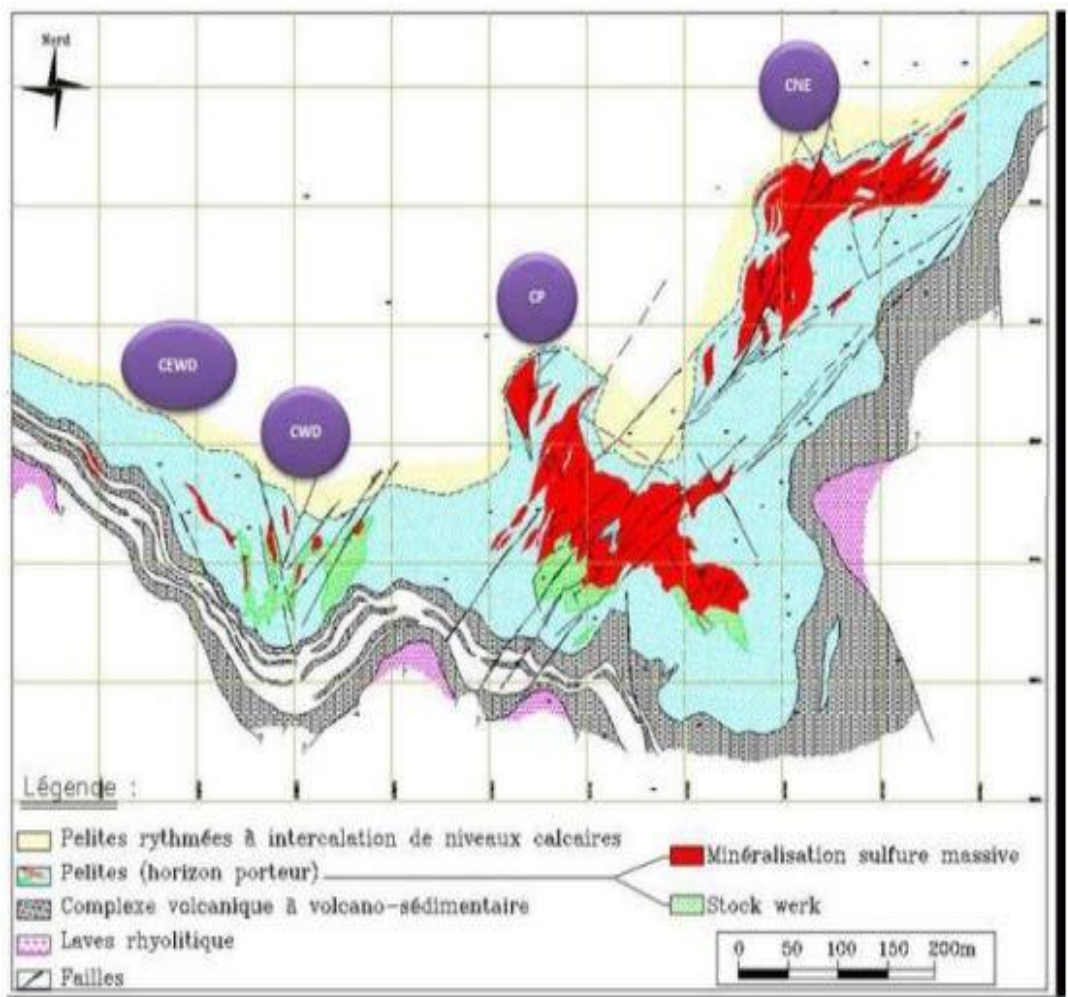


Figure 6: Position de la partie extrême ouest descendrière par rapport au corps Principal du gisement de Hajjar (document interne du CMG)

Afin de compléter la lithostratigraphie du corps principal du gisement de Hajjar, notre travail s'est consacré à l'étude macroscopique et microscopique du sondage carotté HS103 récemment réalisé dans cette zone.

Les caractéristiques de ce sondage sont :

- Coordonnées (X=246747,863 ; Y=89843,2052).
- Pendage -90
- Profondeur 758m

1.2- La description du sondage HS103 :

Sur coupe :

Les levés géologiques (lithologiques et structuraux) réalisés sur ce sondage montrent la présence de trois principaux faciès avec des passages minéralisés.

Une coupe géologique a été réalisée en se basant sur le sondage étudié ainsi que les données fournis par la mine et ceci afin de voir l'organisation globale de la série traversée par ce sondage.

Sur cette coupe (*Figure 7*), on note que les différents faciès concordent avec une stratification de direction évoluant de N80 par rapport à l'axe du carotte au début du sondage vers N45 vers sa fin. Ceci traduit probablement des phénomènes de plissement en relation avec la déformation régionale.

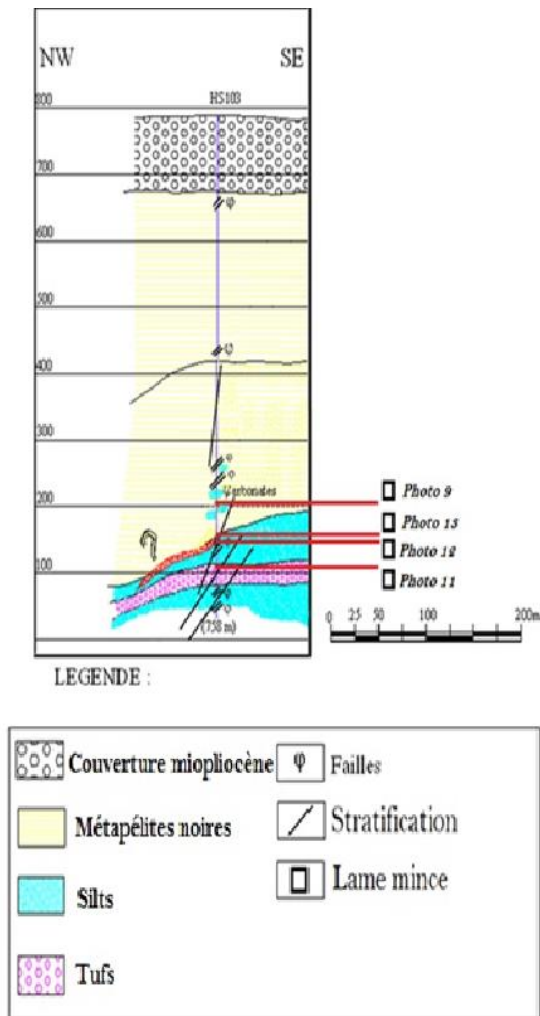


Figure 7: coupe du sondage HS103 montrant les différents faciès ainsi que la localisation des lames réalisées

2- Etude pétrographique

L'étude du sondage SH103 nous a permis d'établir le log stratigraphique des faciès rencontrés (Figure 8). Trois faciès différents ont été distingués.

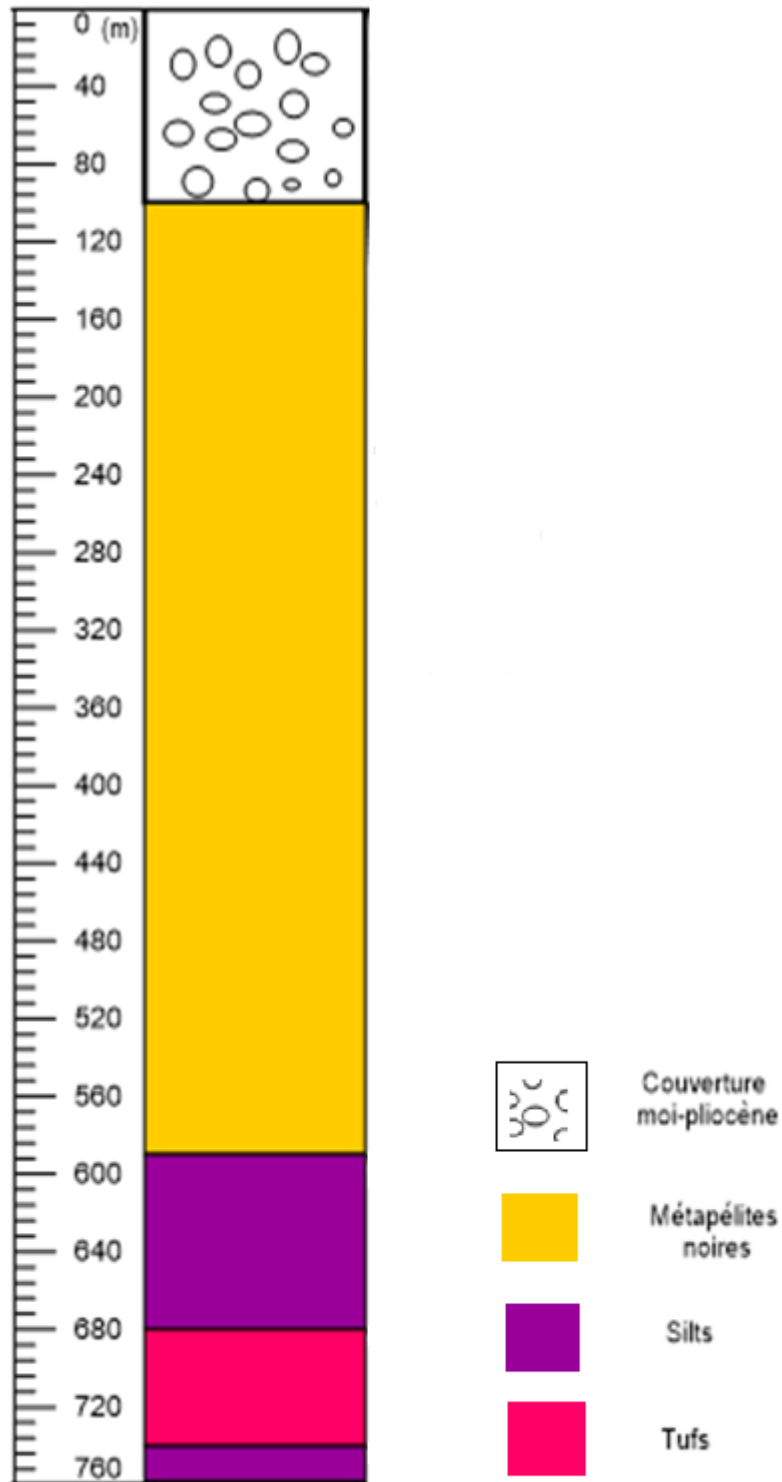


Figure 8: log lithologique du sondage HS103

Le sondage étudié comporte 3 faciès différents :

Métopélites noires :

C'est le faciès dominant. Il s'agit d'un faciès de couleur noirâtre sur cassure fraîche présentant une épaisseur de 485m. Ils sont constitués d'un fond argileux fin contenant quelques grains de quartz de taille relativement grossière (*figure 9*). On note aussi la présence de biotite en tâches parfois chloritisée (*figure 15*). Il s'agit d'une biotite brunâtre hydrothermale sécante sur la stratification témoignant d'une circulation de fluide chaud.

Dans ces pélites on note la présence de figures sédimentaires de type « slumps » (*figure 12*), de passages carbonatés millimétriques à centimétrique rappelant ceux décrit dans la série du toit de Hajjar. Les figures de « slump » supposent un dépôt dans un environnement penté.

Des veines du quartz associés parfois aux sulfures ont été également observés (*figure 12*).

Les métopélites encaissent une faible quantité de minerai qui est généralement disséminé. Il s'agit essentiellement de la pyrite.



Figure 9: métopélites noires fracturées

Silts :

Il s'agit d'un faciès verdâtre, d'une épaisseur de 100m constitué d'un fond pélitique contenant de nombreux grains de quartz de taille millimétrique donnant à la roche un aspect plus grossier que les pélites (figure 10 et 16). La couleur verdâtre est liée à une forte chloritisation de la roche. Cette chloritisation est associée à une faible remobilisation des sulfures essentiellement de type pyrrhotite, pyrite avec un peu de chalcopyrite.

La fracturation et la biotitisation sont plus intenses dans ce faciès.

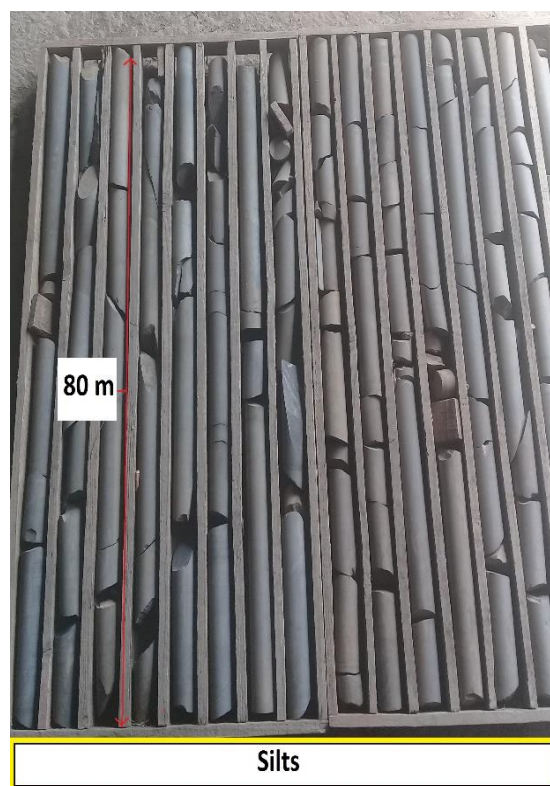


Figure 10: Aspect macroscopique des silts

Tufs :

Les faciès volcaniques décrits dans le secteur d'étude sont généralement des tufs rhyolitique ou des tufs volcaniques. Dans notre sondage il s'agit d'un tuf qu'on peut qualifier de tuf volcanique.

C'est un faciès volcanique de couleur grisâtre , d'une épaisseur de 50m intercepté vers la fin du sondage (60 mètres). Ce faciès volcanique à concentration locale de quartz et remobilisation faible de sulfure.

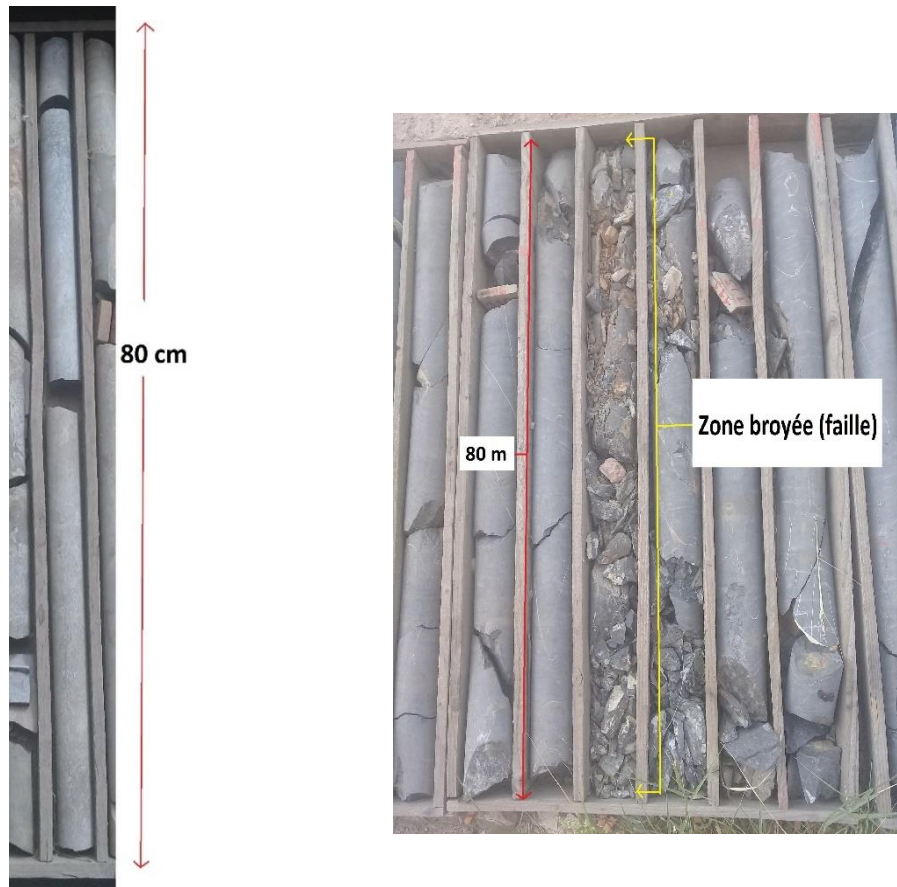


Figure 11: Tufs volcanique (à gauche) Zone broyée (à droite)

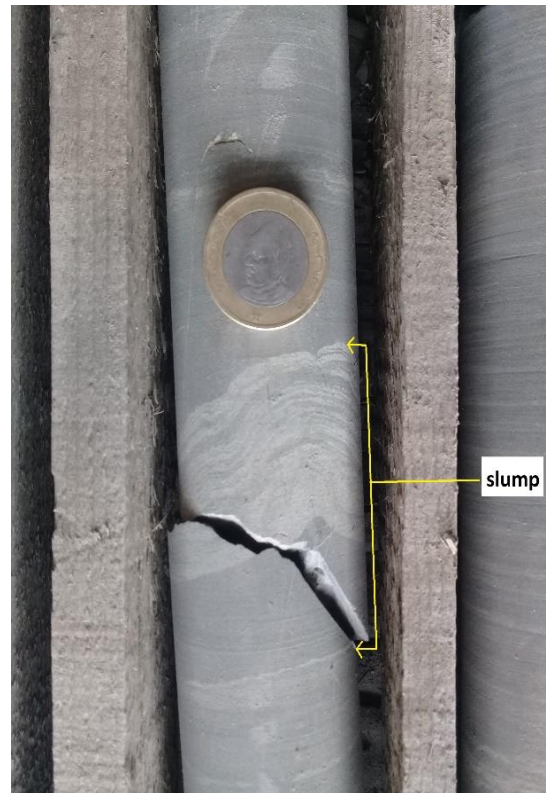
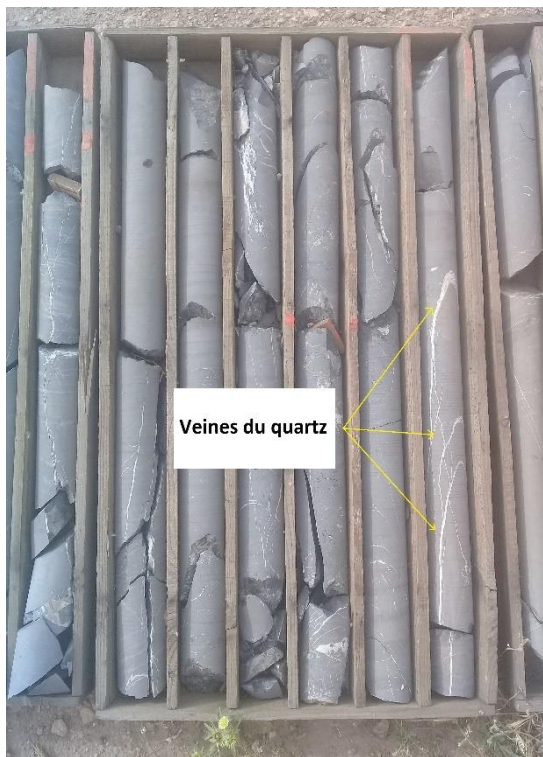


Figure 12: Veines de quartz (à gauche) Slump (à droite)

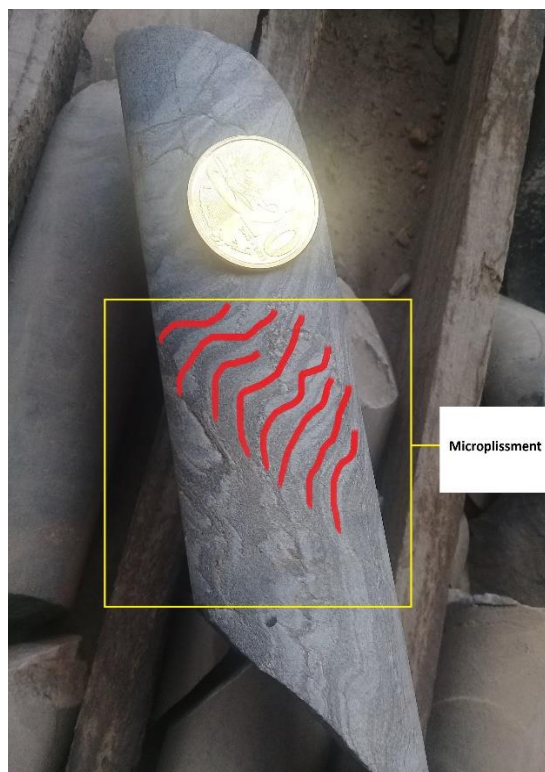


Figure 13: Lits microplissés



Figure 14 : remplissage de fracture par du quartz

L'étude pétrographique concerne la détermination et la caractérisation de la minéralogie et de la texture des différents faciès et des types d'altérations hydrothermales rencontrées.

Etudes des faciès :

a. Métapélites :

C'est le faciès dominant dans la zone d'étude, dans ces métapélites on note la présence de quartz, biotite parfois chloritisé et des sulfures dissimulés dans ces métapélites. On note aussi qu'on a deux types de biotite primaire et tardive (biotite hydrothermale) qui recoupe tout. La biotite est très brune cela implique une cristallisation à haute température (le fluide était chaud).

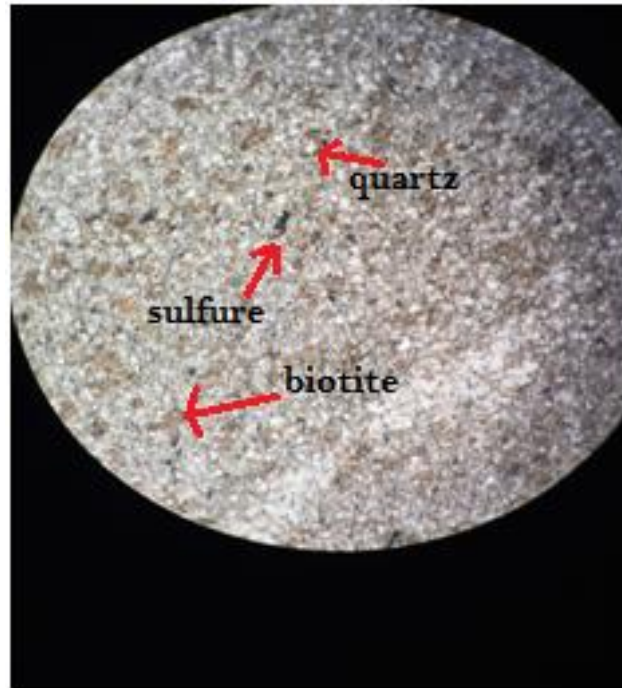


Figure 15 :Aspect Microscopique des métapelites(G×10)

b. Silts :

Minéralogiquement ce faciès est constitué de quartz, et de biotite, et des sulfures. Les cristaux sont présentés sous forme automorphe.

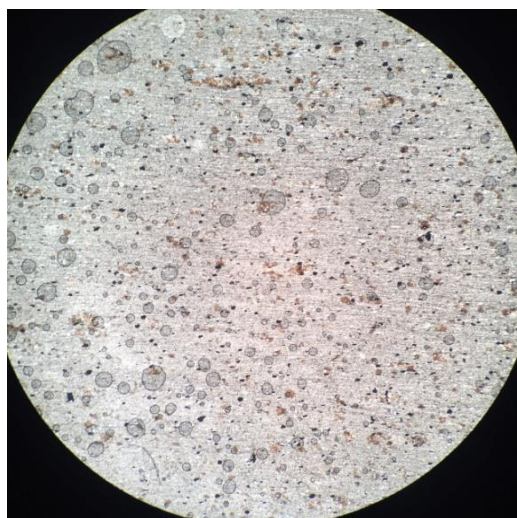


Figure 16 : Aspect Microscopique des silts (G×10)

c. Tufs volcaniques :

Dans ces tufs la taille des cristaux est plus grande que les métapélites. Au niveau du contact on note qu'on a beaucoup de biotite donc la zone de contact est favorable pour le dépôt et la circulation de fluide (contact sédimentaire). En s'éloignant du contact les cristaux de biotite deviennent petits.

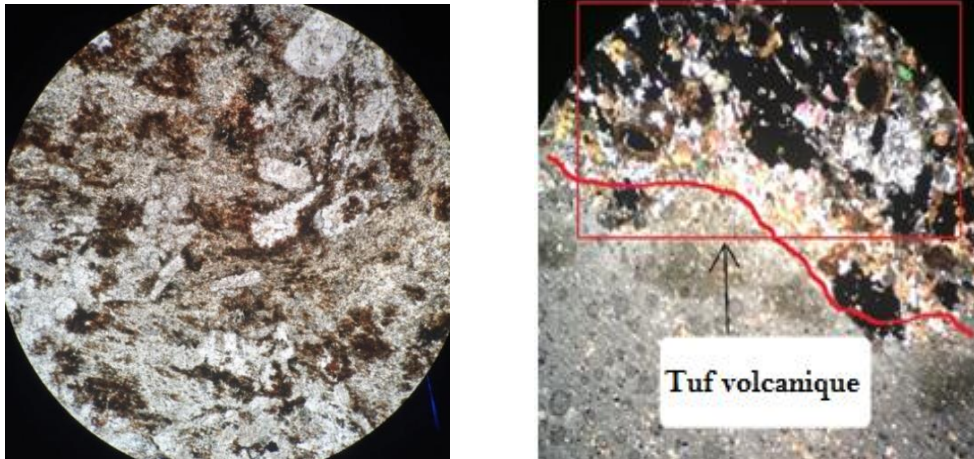


Figure 17 : Aspect microscopique des tufs volcaniques (Gx10)

3- Altérations hydrothermales

L'étude pétrographique réalisée montre que ces faciès sont moyennement à fortement altérés. L'altération est particulièrement développée dans les faciès à grain relativement grossier en raison de leur perméabilité et de leur intense fracturation. Cette altération se manifeste par :

La chloritisation : cette altération a été observée dans tous les faciès étudiés. En lumière naturelle le chlorite est de couleur vert foncé à brun (varie selon l'orientation) et en lumière polarisée en bleu ou grise bleute.

La silification : cette altération a été remarquée dans pratiquement tous les faciès étudiés. Elle est souvent associée aux phases métalliques. Elle se traduit par des veines et veinules à quartz.

La biotitisation : elle est très développée dans tous les faciès (métapélites, silts, tufs) les biotites sont présentées sous forme de tâche très abondantes.

Les observations pétrographiques montrent que la minéralisation est liée aux altérations hydrothermales. Les différents faciès décrits englobent surtout des déssiminations de pyrite et chalcopyrite alors que les minéralisations qui peuvent être économiques sont plutôt intimement associées à la biotitisation et la silicification. Ces minéralisations sont particulièrement développées dans les faciès à grain relativement grossier (silt et les tufs rhyolitiques) et notamment dans la zone de contact entre les pélites et les tufs.

3- Etude Métallographique :

L'observation microscopique montre que la paragenèse métallique du sondage étudié est caractérisée par une paragenèse à pyrite, pyrrhotite et chalcopyrite.

- Chalcopyrite : elle est moins abondante que la pyrite et la pyrrhotite et se présente le plus souvent en inclusions dans les autres espèces minérales (figure 18)
- Pyrrhotite : la pyrrhotite est la phase métallique principale puisqu' elle représente approximativement la quasi-totalité du minerai rencontré. elle forme de large plages ou en retrouve des cristaux de pyrite et de chalcopyrite.
- Pyrite : elle pousse sur la pyrrhotite et représente la transformation secondaire de la pyrrhotite, ce qui implique qu'elle provient de l'oxydation de la pyrrhotite.

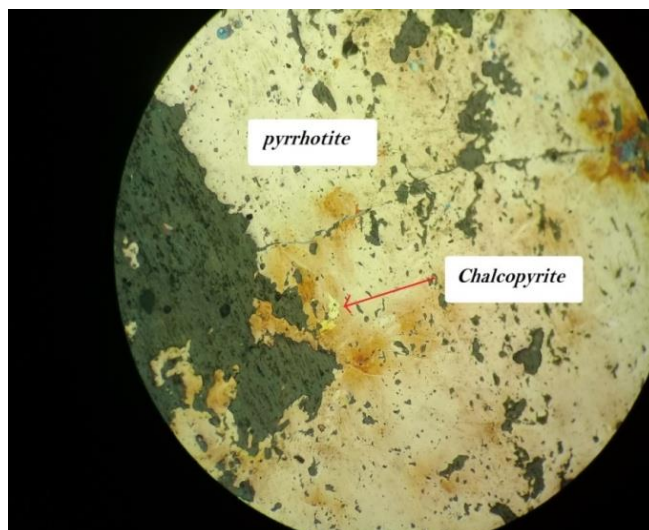


Figure 18 : Chalcopyrite et pyrrhotite (L.N réfléchie) (Gx10)

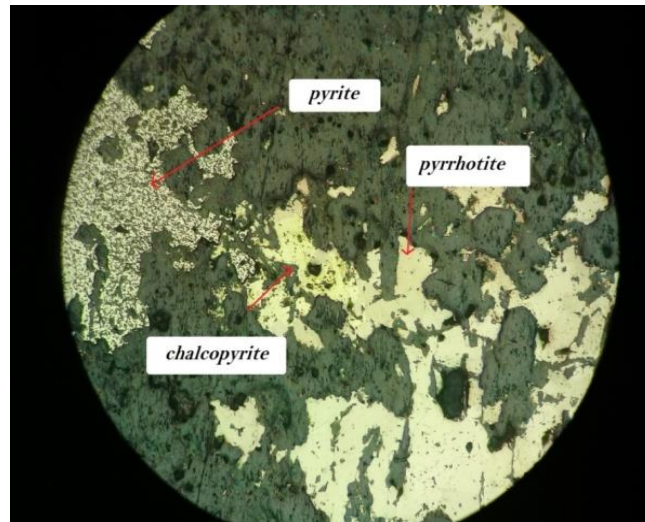


Figure 19: Chalcopyrite, pyrite et pyrrhotite (L. N. Réfléchie) (G×10)

Les analyses géochimiques effectuées sur les différents faciès de ce sondage montrent que ce sondage porte juste des traces de minéralisations (par exemple : from 635,9 m to 636 m (figure 9)) ce qui implique qu'on est juste dans le toit et on n'a pas traversé la série de Hajjar.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	anc_id	from_m	to_m	FE	CU	As_ppm	PB	ZN	Ag_ppm	Co_ppm	Au_ppm
2	HS103	457,3	457,7	28,57	0,23	4730	3,59	5,01	74	60	-99
3	HS103	633,35	633,7	47,08	0,24	118	0,04	0,17	6	451	-99
4	HS103	635,9	636	33,67	0,05	333	0,4	1,43	7	446	-99

Tableau 1 : analyses chimiques en ppm (document interne CMG)

CONCLUSION

Les études microscopiques et macroscopiques que nous avons réalisées montrent que le sondage HS103 recoupe :

- des métapélites noires à passages carbonatées.
- un faciès sédimentaire (silt) avec des veines du quartz.
- Tufs volcano-sédimentaire interceptés vers la fin du sondage.

Le nombre réduit de faciès décrits indique le sondage n'a pas traversé toute la formation de Hajjar et n'a pas intercepté le corps principal.

Les analyses chimiques (figure9) et les études pétrographiques réalisées montrent que ce sondage est négatif car il montre juste des traces de minéralisation de pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite et non pas des minéralisations massives.

ANNEXE :

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : Carte de localisation géographique de la mine de Hajjar (document interne de Hajjar).....	8
Figure 2 : Morphologie du gisement de Hajjar	11
Figure 3 : log synthétique du Gisement de Hajjar	Erreur ! Signet non défini.
Figure 4 : Morphologie des corps minéralisés du gisement de Hajjar (document interne).....	14
Figure 5 : Zonalités des altérations hydrothermales des gisements de type VMS.....	16
Figure 6 : Position de la partie extrême ouest descendrière par rapport au corps Principal du gisement de Hajjar.....	21
Figure 7 : coupe du sondage HS103 montrant les différents faciès ainsi que la localisation des lames réalisées	23
Figure 8 : log lithologique du sondage HS103	24
Figure 9 : métapélites noires fracturées.....	25
Figure 10 : Aspect macroscopique des silts.....	26
Figure 11 : Tufs volcanique (à gauche) Zone broyée (à droite)	27
Figure 12 : Veines de quartz (à gauche) Slump (à droite)	28
Figure 13 : lits microplissés.....	28
Figure 14 : remplissage de fracture par du quartz	29
Figure 15 : aspect microscopique des métapélites (G×10).....	30
Figure 16 : aspect microscopique des silts (G×10)	30
Figure 17 : aspect microscopique des Tufs volcaniques (G×10).....	31
Figure 18 : Chalcopryrite et pyrrhotite (L.N réfléchi) (G×10)	32
Figure 19 : Chalcopryrite, pyrite et pyrrhotite (L. N. Réfléchi) (G×10).....	33

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1 : analyses chimiques en ppm (document interne CMG)33

LISTE DES ABREVIATIONS :

- BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières.
- BRPM : Bureau de Recherches et de Participations Minières.
- PIB : Produit Intérieur Brut.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE :

EL ADNANI, M. (2008). Evaluation du comportement à long terme des résidus des mines de Hajjar et de Draa Sfar (Marrakech, Maroc) et de leurs impacts sur les écosystèmes avoisinants. Thèse de doctorat. Université Cadi Ayyad, Marrakech. 219 p.

Gentil (1918). Notice sur les titres et travaux scientifique de L. Gentil, Larose éd, Paris 132pp

Gros et al. , (1986) . Evolution géodynamique de l'ensemble de Guemassa. Recherche des structures précoces pouvant guider les minéralisations sulfurées. Rap. 86 MAR 055 GEO, 41p. , 23 ann., 4pl.

Haimeur, (1987). Contribution à l'étude de l'environnement volcano-sédimentaire du minerai de Douar Lahjar (Guemassa, Maroc), lithologie, paléo-volcanisme, géochimie, métallogénie. Thèse 3ème cycle, ENCG, Nancy, 51 p.

HAIMEUR, J. (1998). Lithostratigraphie, géochimie et métallogénie de l'environnement volcano-sédimentaire de l'amas sulfuré de Douar Lahjar (Guemassa, Maroc). Bull. Inst. Sci, Rabat, n°21 (1997-1998), pp. 15-30.

Hibti M. (1993). L'amas sulfuré de Hajjar : contexte géologique de mise en place et déformations superposées (Haouz de Marrakech, Meseta Sud-occidentale, Maroc). Thèse de 3ème cycle. Université Cadi Ayyad Marrakech, 197p.

Hibti, M. (2001). Les amas sulfurés des Guemassa et des Jebilet (Meseta Sud-occidentale, Maroc) : témoins de l'hydrothermalisme précoce dans le bassin mesetien. Thèse de doctorat Es- Sciences. Université de Marrakech.

Leblanc et Lancelot, (1980) . Interprétation géodynamique du domaine panafricain (Précambrien terminal) de l'Anti-Atlas (Maroc) à partir de données géologique et géochronologiques. Jour. Can. Sci. Terre, V.17, P142-155.

Maier et al. (1986). Le gisement polymétallique hydrothermal sédimentaire de Douar Lahjar, Rapport BRPM.

Michard, (1976). Eléments de géologie marocaine. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, 252, 408.

Piqué et Michard, (1989). Moroccan hercynides, a synopsis. The paleozoic sedimentary and tectonic evolution at the northern margin of West Africa. Am. J. Sci. V. 298, p. 286-330.

Piqué, (1994). Géologie du Maroc : les domaines régionaux et évolution structurale. Ed. pumag, 284p

Raqiqi, (1997). Le bassin Carbonifère des Guemassa (Meseta Sud occidentale, Maroc) : lithostratigraphie, sédimentologie et évolution structurale. Thèse de 3ème cycle, Univ. Marrakech.

Soulaimini, (1991). L'évolution structurale des affleurements paléozoïques du Haouz de Marrakech (Guemassa -N'Fis) - Maroc. Thèse de 3°cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech (Maroc), 180p.

TERMIER, H. (1936). Études géologiques sur le Maroc central et le Moyen-Atlas septentrional. Notes et Mémoires du Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc, 33, 3 tomes, 1566 p., 30 tab., 63 fig., 67 pl.