



Université Cadi Ayyad

Faculté Science et Technique Gueliz Marrakech

Laboratoire Géorressources, Unité Attachée au CNRST (URAC 42)

Rapport de stage fin d'étude

Licence Science et Technique

Géologie Appliquée aux Ressources Minières (LST-GARM)

*CARACTERISATION LITHOSTRATIGRAPHIQUE  
ET STRUCTURALE DE LA MINERALISATION OUEST  
DE LA MINE DE HAJJAR  
(GUEMASSA, MAROC)*



Réalisé par :

Yousra Morsli

Soukaina Marhfour

Encadrant :

Soutenu le 17 juin 2015,

Mr.Mohamed Hibti  
(Fstg)

Devant les membres de jury :

Parrain :

Mme Essaraj.S professeur FSTG

Mr.Abdellali KHALIFA  
(CMG)

Mr hibti.M professeur FSTG

Mr khalifa.A cadre CMG

# REMERCIEMENT

Ce n'est pas parce que la tradition exige que cette page soit dans notre rapport qu'elle y est, mais c'est parce que les gens à qui nous nous adressons, le méritent amplement.

En préambule à ce mémoire, nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apportées leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent en premier lieu à tout le personnel du bureau mine de nous avoir accueilli afin d'y effectuer notre projet de fin d'études.

Nous tenons à remercier sincèrement **Mr. Abdelali Khalifa** qui, en tant que parrain de stage et cadre géologue au sein du bureau mine, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.

Nos remerciements s'adressent également à **Mr. El Ouargui** et toute personne du service Géologie pour leur disponibilité et leur savoir-faire qui nous a permis d'améliorer ce travail.

Nous ne saurions oublier l'équipe pédagogique de la faculté des sciences et techniques et les intervenants professionnels responsables de la formation GARM (Géologie Appliquée aux Ressources Minières) et plus précisément à Mr **Mohamed Hibti** notre encadrant de stage, et professeur à la faculté même qui nous a accordé de son temps et assuré avec nous la partie théorique de ce mémoire malgré son planning chargé.

Nos chaleureux remerciements vont également à **Mr. Saidi Abdellatif** le responsable de la filière « GARM » pour son dévouement et sa ténacité pour assurer une formation de qualité.

Et finalement, nous remercions nos parents et membres de nos familles pour leur soutien moral tout au long de cette période.

# SOMMAIRE

Liste des figures .....	5
-------------------------	---

## **PARTIE 1 : INTRODUCTION GENERALE**

<b>I. Présentation de l'organisme d'accueil.....</b>	<b>8</b>
<b>II. Situation géographique.....</b>	<b>9</b>
<b>III. Cadre Géologique.....</b>	<b>10</b>
<b>A. A l'échelle régionale.....</b>	<b>10</b>
1. Structural.....	10
2. Lithostratigraphique.....	10
3. Magmatisme.....	10
4. Métamorphisme.....	10
<b>B. A l'échelle locale .....</b>	<b>11</b>
1. Lithostratigraphie .....	11
2. Volcanisme.....	11
3. Tectonique.....	11
a. La déformation hercynienne synschisteuse « D1 ».....	12
b. Tectonique tardive.....	12
4. Métamorphisme.....	12
<b>IV. Le gisement de Hajjar et des subdivisions .....</b>	<b>13</b>
<b>V. Minéralisation de Hajjar.....</b>	<b>14</b>
<b>VI. Objectifs et méthodologie du travail effectué.....</b>	<b>15</b>
1. Problématique.....	15
2. Objectif.....	15
3. Méthode de travail .....	15

## **PARTIE 2 : ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE, PETROGRAPHIE, METALLOGIQUE ET STRUCTURALE**

<b>I. Etudes lithostratigraphique et pétrographique.....</b>	<b>17</b>
1. Etude lithostratigraphique.....	17
2. Etude pétrographique.....	18
3. Altérations hydrothermales.....	21
4. Conclusion.....	21
<b>II. Etude métallographique .....</b>	<b>23</b>
1. Minéralogie du minerai.....	28
2. Conclusion de l'étude métallographique.....	29
<b>III. Etude structurale.....</b>	<b>30</b>
1. Stratification.....	30
2. Schistosité.....	32
3. Failles.....	33
4. Conclusion.....	38

<b>IV. Conclusion générale.....</b>	<b>39</b>
<b>V. Références bibliographiques.....</b>	<b>42</b>

## Liste des figures

Figure 1: les filiales de Managem

Figure 2: Situation géographique du gisement de Hajjar (document interne de la CMG)

Figure 3 : Morphologie générale du corps minéralisés du gisement de Hajjar (document interne CMG)

Figure 4 : Localisation des échantillons prélevés dans les niveaux 357 et 400 de l'ExWD

Figure 5 : Lentilles de stockwork (Photo CMG)

Figure 6 : Aspect microscopique de métapélites chloritisés (L.N)

Figure 7 : Aspect microscopique des silts. (L.N.)

Figure 8 : Aspect microscopique des faciès tuffacés (L.N.)

Figure 9. : Aspect microscopique des carbonates (L.N.)

Figure 10 : Corrélation lithostratigraphique du log synthétique de la zone étudiée avec le log synthétique de Hajjar

Figure 11 : Photo de minéralisation massive

Figure 12 : Chalcopyrite, sphalérite et pyrrhotite en remplissage de fissures dans l'arsénopyrite. (L.N.)

Figure 13 : Photo de pyrrhotite avec des reliques de chalcopyrite et sphalérite

Figure 14 : Photo de micro lentilles minéralisées

Figure 15 : Photo d'orientation des sulfures selon la S1

Figure 16 : Photo d'association des sulfures et du quartz

Figure 17 : Photo de la pyrrhotite renferme en inclusion sphalérite

Figure18 : Remplissage des microfissures de l'arsenopyrite par de la chalcopyrite

Figure 19 : Photo de la stratification décalée par un jeu de faille (Photo prise au fond dans le niveau 400 de l'ExWD)

Figure 20 : La rosace directionnelle de la S0

Figure 21 : La concentration de Fisher et situation des pôles de la S0

Figure 22 : Rosace directionnelle de la schistosité dans les niveaux 357 et 400 de l'ExWD

Figure 23 : Situation des pôles de la S1 de la schistosité dans les niveaux 357 et 400 de l'ExWD

Figure 24 : Plan des failles mesurées dans les niveaux 357 et 400 de l'ExWD

Figure 25 : Rosace et concentration de Fisher pour les failles relevées dans le niveau 357

Figure 26 : Photo faille décrochante avec un jeu senestre (PRISE DEPUIS LA COURONNE)

Figure 27 : Rosace et concentration de fisher des failles de niveau 400

Figure 28 : Rosace directionnelle des failles des deux niveaux

Figure 29 : Situation de la S0 par rapport à la S1 (document interne CMG)

Figure 30 : Situation de la minéralisation avant (Donnée interne CMG)

Figure 31 : Situation de la minéralisation après (Donnée interne CMG)

## **PARTIE 1 : INTRODUCTION GENERALE**

## I. PRESENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL :

Parmi les principaux opérateurs miniers nationaux: la Société MANAGEM, Groupe minier de l'ONA et la Compagnie Minière de Touissit (CMT).

Acteur historique du secteur minier marocain, L'ONA est aujourd'hui un opérateur de dimension internationale à travers son holding minier Managem.

Créé en 1996, Managem regroupe des filiales organisées autour de deux grands métiers: L'exploitation minière et l'hydrométallurgie. Ses filiales d'exploitation opèrent sur plusieurs sites à travers le Maroc (figure 1). Elles extraient, concentrent et commercialisent des métaux de base comme le cuivre, le zinc et le plomb (CMG à Guemassa), mais aussi des métaux précieux tels que l'or (AGM à Akka) et l'argent (SMI à Imiter), des métaux spéciaux comme le cobalt (CTT à Bou Azzer) et des substances utiles comme la fluorine (Samine à El Hamman).

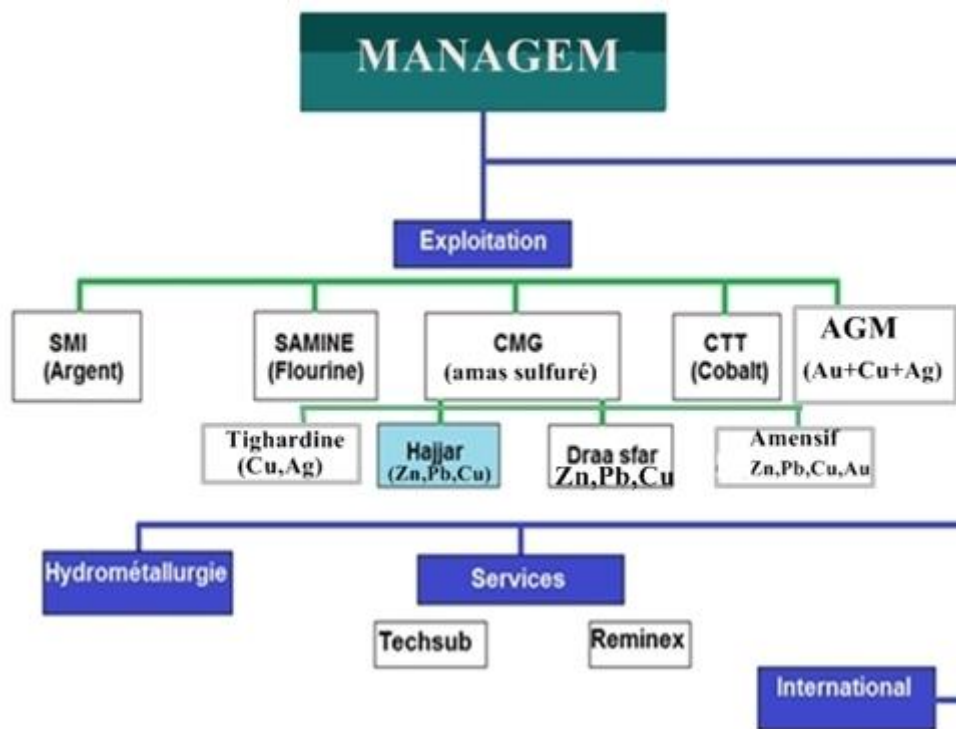


Figure 1: Les Filiales de MANAGEM



## II. SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Le gisement de Hajjar se situe dans la plaine de Haouz à 35Km au Sud-Ouest de Marrakech (Figure 2). Il est accessible par la route secondaire N°507 reliant la ville de Marrakech et Amzmiz. Ce gisement est localisé dans une zone où le socle paléozoïque est couvert par des couches du miopliocène et n'affleure que sous forme de boutonnières. Dans cette partie du Haouz, le paysage morphologique est constitué d'un ensemble de petites collines d'altitudes d'environ 600 à 800 m (Marrakech : 400 m, Guemassa : 800m). Le secteur des Guemassa comme la plupart des régions de cette plaine est caractérisé par un climat aride, chaud en été, froid et sec en hiver.

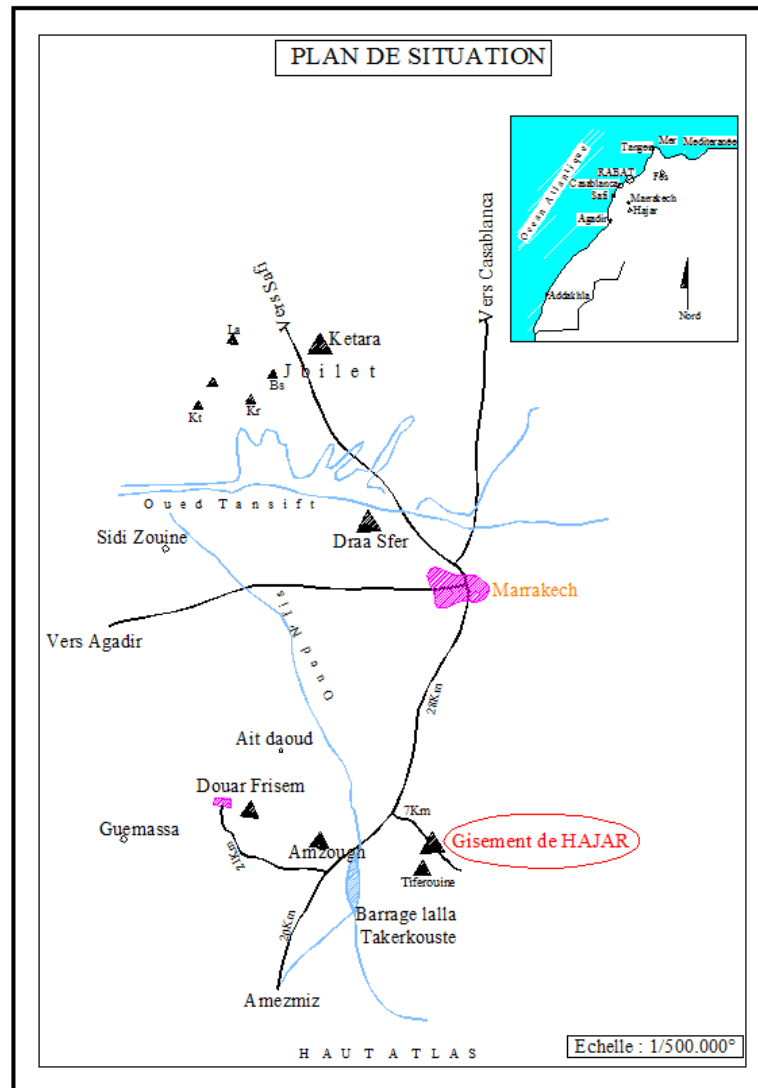


Figure 2: Situation géographique du gisement de Hajjar (document interne de la CMG)

### **III. CADRE GEOLOGIQUE :**

#### **A. A l'échelle régionale**

##### **1. Structural :**

Le massif des Guemassa au sens strict est situé à l'Ouest de la chaîne des Haut Atlas, il est constitué par un ensemble d'affleurements anciens localisés à l'Est et constituant ce qu'on appelle « le domaine hercynien de N'fis » (Soulaïmani, 1991).

A l'échelle du Haouz de Marrakech, ces affleurements sont limités au Nord par une faille invisible (détectée par géophysique) de direction N70°E, baptisée « faille de Guemassa » qui se prolonge jusqu'aux Jbilets. Au Sud-Est, la faille d'Ait Khaled, orientée N30 sépare le massif de Guemassa de celui du Haut Atlas. Enfin, la limite sud de ce massif est matérialisée par la faille du barrage « LallaTakerkoust ». Ainsi, ces affleurements du socle hercynien au sein de la plaine du Haouz de Marrakech sont interprétés comme le résultat d'une surrection de blocs limités par des failles bordières suivies de l'érosion de la couverture mio-pliocène (Felenc et al, 1985).

##### **2. Lithostratigraphique :**

Le domaine des Guémassa, au sens strict, est caractérisé par la succession lithologique suivante :

- Les Pélites de base,
- Les flyschs,
- Les ampélites,
- Les carbonates,
- Les Pélites du sommet.

##### **3. Magmatisme :**

Le magmatisme dans le massif des Guemassa est de type bimodal et se caractérise par des roches basiques intrusives (gabbros, dolérite et diabase) et des roches acides effusives. Les manifestations volcaniques acides apparaissent en forme d'extrusion de dômes, de laves sous-marines provoquant l'apparition de brèches et de tufs localisés à leur apex. Les plus connues sont celles de Frizem, Amzourh, Nzala et Tifratine. La géochimie des roches totales permet de définir une suite magmatique cogénitique, dont les caractéristiques sont celles d'une série tholeitique de fonds océaniques. Cependant, les roches acides matérialisent un fractionnement tardif de cette lignée au cours du stade ultime de la différenciation magmatique (Oudjou, 1997).

##### **4. Métamorphisme**

L'étude de l'évolution métamorphique dans le massif des Guemassa (s.s) montre que les conditions thermiques sont relativement plus intenses au Sud qu'au Nord de la faille médiane (Boummane, 1987).

## **B. A l'échelle locale**

### **1. Lithostratigraphie**

Les nombreuses observations faites sur les sondages carottés et dans les galeries souterraines des différents niveaux d'exploitation, ont permis une meilleure compréhension de l'évolution lithostratigraphique montrant la succession de trois unités qui sont du bas vers le haut :

\*Unité basale (mur de la minéralisation) : à une puissance pouvant atteindre 400m, la base est presque totalement occupée par un complexe volcanique présenté par des brèches et des coulées pyroclastiques avec l'association de tufs et tuffites acides (Haimeur, 1998).

Latéralement apparaissent des métapélites noires très fines et à dissémination de sulfures. Cette formation volcano-sédimentaire est caractérisée dans sa partie sommitale par l'abondance des sulfures sous formes litée et disséminés. Le plus souvent ces dernières se présentent sous forme de lentilles (Hibti, 2001)

\*Unité médiane (Amas sulfuré) : Il s'agit d'un amas massif riche en lambeaux d'encaissant sédimentaire de dimensions très variables (centimétrique à plurimétrique). Latéralement la minéralisation disparaît. Cette minéralisation sulfurée repose, au niveau de sa partie centrale sur une zone bréchique de puissance et d'extension métrique, constituant ainsi la zone de stockwerk. Sous l'amas massif apparaissent des sédiments de nature exhalative composée principalement de séricitites, chloritites et de rares biotites (Haimeur, 1988), ainsi que de grenatites (Hibti, 1993,2001). Soulignant généralement la base de la minéralisation sulfurée. L'amas sulfuré correspond à une minéralisation massive et rubanée, à pyrrhotite dominante associée à la sphalérite, la chalcopryrite, la galène et l'arsénopyrite. L'ensemble du corps minéralisé montre des figures de «slumping» ainsi que des brèches témoignant de glissements lors de sa mise en place et sa consolidation (Haimeur, 1998).

\*Unité sommitale : représente le toit de la minéralisation avec une puissance d'environ 200m. Elle est principalement constituée de deux termes de dépôts :

1-un terme gréso-silteux à intercalation de lentilles calcaires à organisme, coiffant directement l'amas massif.

2-un terme sommital constitué de calcaires gréseux avec intercalation de lentilles de débris flow.

### **2. Volcanisme**

A Hajjar, le volcanisme est caractérisé par des coulées volcaniques (exemple des coulées pyroclastiques à xénolites rhyolitiques, granoclassées, situées sous l'amas) traduisant une instabilité tectonique pendant la sédimentation, dont les conséquences sont le démantèlement des corps volcaniques principaux (dômes) ayant alimentés les séries encaissantes.

### 3. Tectonique

Dans le gisement de Hajjar, plusieurs structures relevant d'une déformation très poussée (et modérée par endroit) ont été décelées (Hibti, 1993). Cette déformation se manifeste par :

#### a. La déformation hercynienne synschisteuse « D1 » :

- Une schistosité S1 :

Le secteur minier de Hajjar est affecté, en plus des failles, d'une schistosité de flux S1 qui représente un plan d'aplatissement majeur. Cependant, cette schistosité ne s'observe que de façon très discrète probablement à cause de la superposition des structures tardives (HIBTI, 1993).

- Un plissement P1 :

Au niveau du gisement de Hajjar, la série basale est affectée par le plissement P1. Des structures plissées de même direction axiale sont mises en évidence par les travaux souterrains dans ce secteur, qui ont affecté à la fois le minerai rubané et l'encaissant sédimentaire. Les plis en question sont de direction NE-SW, et à déversement NW.

- Des cisaillements ductiles :

Ils sont de direction moyenne N110° à N130°E. Ces cisaillements sont le plus souvent associés aux structures plissées, et sont à l'origine de la migration des structures (plis et schistosité associée) et de l'intensification locale de la déformation.

#### b. Tectonique tardive :

Durant cette phase le gisement de Hajjar est affecté par une déformation souple traduite par :

- Une schistosité S2 :

Il s'agit d'une schistosité de fracture. Cette schistosité s'intensifie au niveau du gisement de Hajjar, et en particulier à proximité des failles de même direction (Hibti, 1993) où elle devient de type flux.

- Un plissement P2 :

Il s'agit de plis isoclinaux très serrés, millimétriques à hectométriques détectés uniquement au niveau du secteur minier de Hajjar et le massif de Souktana. Ces plis sont de direction moyenne NE-SW, d'un plongement variant de 15 à 45° vers le nord, et d'un faible déversement vers l'est. Ces structures plissées affectent à la fois le minerai et son encaissant.

- Les chevauchements :

Dans le gisement de Hajjar, la série volcano-sédimentaire est affectée par la déformation hercynienne « D2 » qui s'accompagne avec des chevauchements à pendage ouest causés par le jeu des failles de direction NE-SW, qui sont en général subparallèles entre elles, accompagné par l'effet de la schistosité S2. Il s'agit donc du chevauchement des rhyolites de base sur l'ensemble sus-jacent.

### 4. Métamorphisme :

Le métamorphisme dans le domaine des Guemassa (Boummane, 1987) est d'une relation étroite avec le paroxysme hercynien. Il s'agit d'un métamorphisme généralisé, de type épizonal, dont la paragenèse est essentiellement à quartz, chlorite, albite et muscovite. Cependant, il existe un autre type de métamorphisme à savoir le métamorphisme périplutonique (Hibti, 1993), dont l'existence est mise en évidence par :

Le caractère généralisé des biotites, qui peuvent, dans certains cas se développer au dépend de la chlorite précoce comme c'est le cas à Hajjar;

La présence d'amphibole de type cummingtonite, très localisée et poussant sur les chloritites à sulfures;

La présence d'anthophyllite (Zouhry, 1999), statique se développant sur les chlorites et sulfures associés.

Ces minéraux témoignent de conditions sévères du métamorphisme. De telles conditions justifient la granulométrie grossière du minerai de Hajjar.

#### ***IV. LE GISEMENT DE HAJJAR ET SES DIFFERENTS CORPS :***

Le gisement polymétallique à Pb-Zn-Cu de Hajjar est le premier de type sulfures massif volcanogènes (VMS) au Maroc. Il est classé parmi les 10 premiers gisements de Zn au monde. Il forme une masse économique de 16M/t à 8% de Zn, 2 à 3% de Pb, 0,4 à 0,6% de Cu et 60g/t Ag (Eddebi et al, 1998 ; in Hibti, 2001). C'est un amas sulfuré à pyrrhotite-sphalérite encaissé dans une série volcanosédimentaire viséenne épimétamorphique. Cet amas est caractérisé par une paragenèse sulfurée assez particulière par sa composition à pyrrhotite presque pure et sphalérite pauvre en fer avec chalcopyrite et galène.

La minéralisation polymétallique du gisement de Hajjar est subdivisée en trois corps minéralisés : (CP) corps principal, (CNE) corps Nord-Est et (CWD) corps Ouest descendrie.

L'extrême ouest descendrie (EXWD), représente une partie du corps ouest descendrie, est en phase d'exploration (Figure 3).

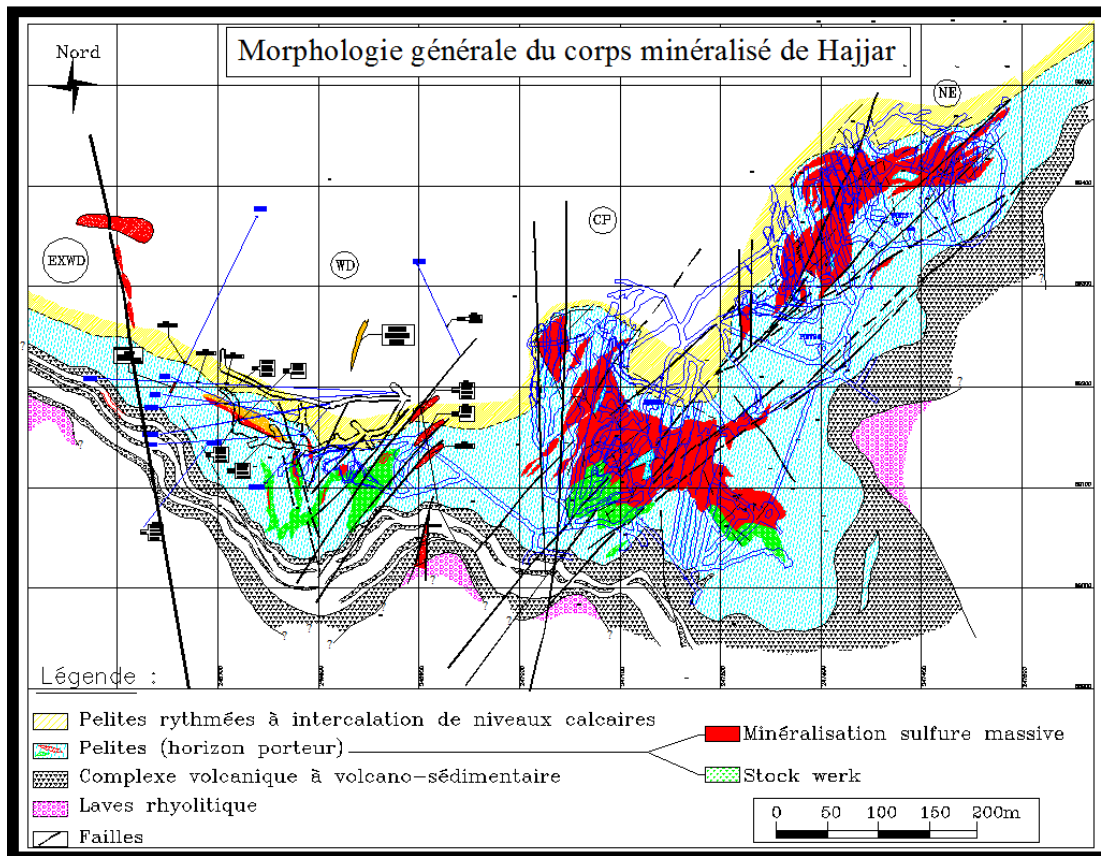


Figure 3 : Morphologie générale du corps minéralisé du gisement de Hajjar (document interne CMG)

## V. MINERALISATION DE HAJJAR :

La variété métallique que renferme ce gisement se trouve généralement à l'état massif et elle est constituée essentiellement de: Sphalérite : (Zn S) Galène (Pb S), Chalcopryrite (CuFeS<sub>2</sub>), Pyrite (FeS<sub>2</sub>) et Pyrrhotite (Fe<sub>1-x</sub>S (x = 0 à 0.2)).

Cette minéralisation repose sur une cheminée, appelée stockwerk, qui avait le rôle de fournisseur de l'amas en éléments métalliques.

L'étude lithologique et structurale du gisement de Hajar a révélé qu'il s'agit d'un dépôt sulfuré synsédimentaire encaissé dans des formations volcano-sédimentaires, sous une couverture Miopliocène de 120 m d'épaisseur. A partir des niveaux 620, 580, 520 et 380, et à l'aide des sondages effectués en parallèle avec l'exploitation, on peut assimiler ce gisement à un amas allongé sur 250 m à 350m suivant une direction approximativement Nord-Ouest, Sud-Est, et étendu sur plus de 300 m ; c'est un amas puissant d'environ 50 à 90 m sous forme de trois corps minéralisés, le corps principal, corps Nord-Est, et le corps Ouest descendrière, occupant la charnière d'une mégastructure plissée. L'essentiel de la minéralisation présente une structuration en amas ou en lentilles intercalées de sédiments exhalatifs. La minéralisation massive occupe presque toute la partie orientale, alors que celle à structure lenticulaire se localise au niveau de la partie occidentale.

## **VI. OBJECTIFS ET METHODOLOGIE DU TRAVAIL EFFECTUE :**

La minéralisation de la partie ouest du gisement s'organise en lentilles massives riches en métaux de base. Cette partie représente l'actuel projet d'exploration au niveau du gisement de Hajjar. Raison pour la quelle plusieurs travaux de recherches ont été réalisés dans ce secteur.

La zone objet de notre travail reste encore vierge et où tous les sondages carottés qui y sont perchés ont marqués la présence de la minéralisation. Le caractère potentiel de cette zone est confirmé par la présence d'une grande anomalie géophysique qui reste mal expliquée.

### **1. Problématique**

#### ➤ Points forts :

\*La zone minéralisée présente plusieurs lentilles ;

\*Ces lentilles minéralisées sont riches en métaux de base;

#### ➤ Points faibles :

\*La minéralisation est affectée par un couloir de cisaillement.

\*Elle est fortement cisailée et déformée

\*Les lentilles minéralisées présentent des fermetures brutales.

### **2. Objectif :**

L'objectif de notre travail est de réaliser une cartographie géologique au fond de la mine (Niveaux 357 et 400). Cette étude sera accompagnée par une étude structurale (levé de structures faillées, de schistosité, de stratification), litho-stratigraphique basée sur un échantillonnage des différents faciès interceptés au niveau des galeries souterraines. Une étude gîtologique sera également tentée sur les différents corps minéralisés observés.

### **3. Méthodes de travail**

Afin d'aboutir aux objectifs suscités, plusieurs méthodes ont été utilisées sur le terrain et au laboratoire:

-Cartographie de galeries souterraines, de parements,

-Mesures de structures tectoniques ;

-Echantillonnages ;

-Préparations de lames et de sections polies,

-Traitement statistiques des données collectées,

-Interprétation géologique des résultats.

**PARTIE 2**

**ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE**

**PETROGRAPHIQUE**

**METALLOGRAPHIQUE**

**ET STRUCTURALE**



## I. ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE ET PETROGRAPHIQUE :

### 1. Etude lithostratigraphique

La lithostratigraphie de cette partie ouest du gisement a été réalisée sur la base de levés géologiques réalisés au fond (galeries souterraines des niveaux 400 et 357). Et afin d'avoir une idée sur les différents faciès présents dans la zone extrême ouest descendrière, nous avons accompli une étude macroscopique et microscopique des différents échantillons collectés des galeries souterraines et plus précisément des niveaux 357 et 400 de l'extrême ouest descendrière. Ceci nous a aidé à déterminer les paragenèses minérales des différents faciès, les types d'altérations associées ainsi que les relations des lentilles minéralisées avec l'encaissant.

La collecte des échantillons s'est faite de façon arbitraire. La localisation des échantillons prélevés dans les deux niveaux étudiés est représentée dans la figure 4.

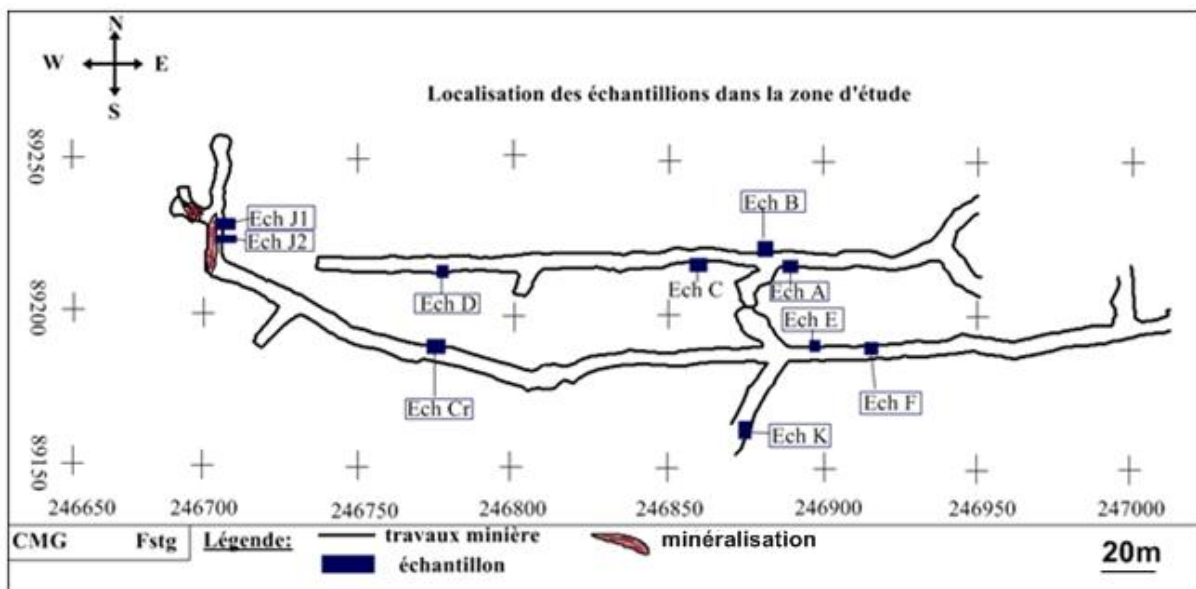


Figure 4 : Localisation des échantillons prélevés dans les niveaux 357 et 400 de l'ExWD

Macroscopiquement, le niveau 357 est caractérisé par un seul faciès qui n'est autre que des métapélites: il s'agit d'un faciès à grains fins, de couleur noire sur patine et grise sur cassure fraîche. Dans ces métapélites on note une variabilité de compétences, qui se traduit par un phénomène de silicification. En effet, leur degré de silice augmente tout en allant vers l'ouest. Ceci se traduit par la présence d'un grand nombre de filons quartzeux dans ce niveau. Dans ce dernier, aucune trace de stratification n'a été observée.

Tandis que le niveau 400 est caractérisé par la présence de plusieurs faciès qu'on peut regrouper en trois zones :

- Zone de stockworks (figure 5): Il s'agit d'une zone bréchique, caractérisée par une dominance de la chalcopryrite disséminée, une faible quantité de pyrite, et de quartz. Ces éléments sont tous disséminés dans des schistes chloritisés.



Figure 5 : Lentilles de Stockwork (Photo CMG)

- Zone à métapelites noirâtres : dans cette zone les métapelites représentent le faciès dominant. Ce faciès fracturé est plus au moins chloritisé. Il montre localement les traces d'une stratification. Dans ce faciès on note une forte dissémination de sulfures, localement orientés suivant les plans de schistosité. Ces métapelites sont intercalés par des niveaux carbonatés localement plissés, à faible dissémination de sulfure.
- Zone volcano-sédimentaire caractérisée par la présence de tufs. Ces faciès montrent également la présence de veines et veinules à quartz et sulfures massif à sub-massif. Ces sulfures sont représentés essentiellement par la pyrrhotite et la pyrite avec des traces de métaux de base.

## 2. Étude pétrographique

Cette étude vise à la détermination et la caractérisation de la minéralogie et de la texture des différents faciès et des types d'altérations hydrothermales rencontrées.

On distingue la présence de quatre faciès différents :

### Métapelites gréseuses :

C'est le faciès dominant dans la zone d'étude. Dans ces métapelites on note la présence de récurrences centimétriques siliceuses, des horizons carbonatés ou parfois par des horizons centimétriques des tufs chloritisés.

Ces métapelites, de couleur noirâtre, présentent parfois un litage millimétrique clair, matérialisant la stratification. Parfois ce litage est plissé ou désorganisé, indiquant ainsi des conditions d'instabilité tectonique au moment de la sédimentation. Souvent on distingue une dissémination infra-millimétrique des sulfures au sein des métapelites. Ces sulfures tracent généralement les plans de la schistosité.

Au microscope on distingue une composition minéralogique constituée essentiellement par du quartz, biotite parfois chloritisée et des micas, qui sont noyés dans une matrice finement cristallisée. Des sulfures apparaissent disséminés dans ces métapelites (Figure 6).

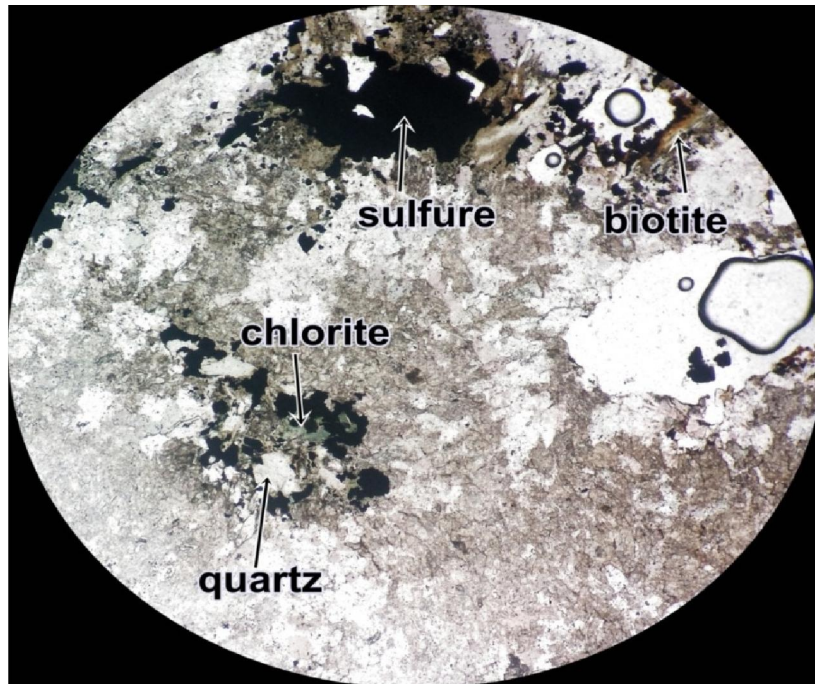


Figure 6 : Aspect microscopique de métapélites chloritisées (L.N)

### Les silts :

Minéralogiquement ce faciès est constitué de quartz, et de biotite noyés dans une matrice finement cristallisée (Figure 7). Ces métapélites sont affectées par une séricitisation, chloritisation et biotitisation tardive. Cette dernière est généralement localisée au contact des veines et fractures à remplissage carbonaté.

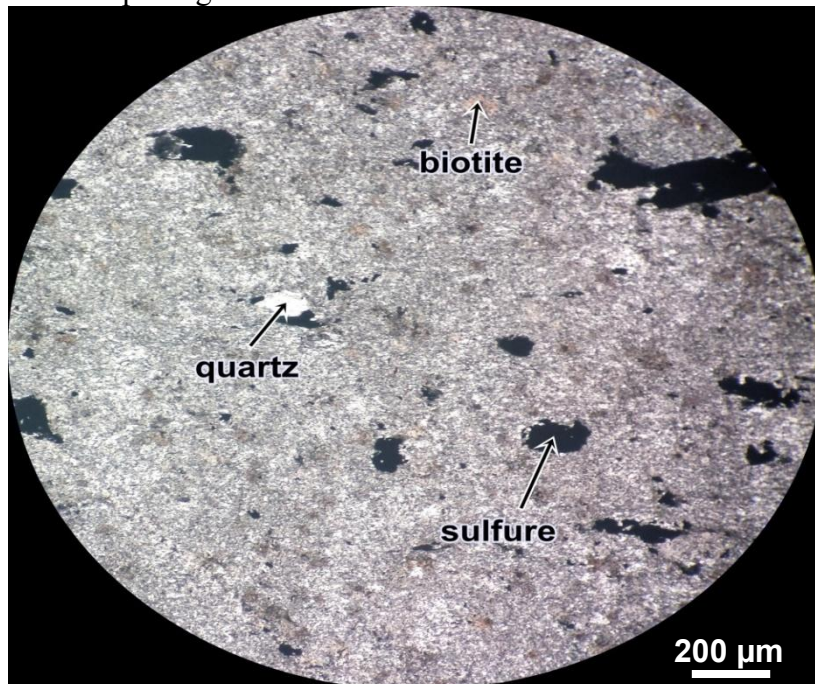


Figure 7 : Aspect microscopique des silts. (L.N.)



### Les tufs :

Ce faciès, de couleur clair, est tacheté de minéraux bruns de taille millimétrique et de sulfures (Figure 8).

Au microscope la minéralogie comprend le quartz, le feldspath, la biotite et la chlorite au sein d'une matrice finement cristallisée. Le quartz est sous forme anguleuse à sub-arrondie. Ces cristaux de quartz constituent parfois des agglomérations.

Les feldspaths sont très altérés et éclatés avec des fractures à remplissage de quartz fin et de paillette de séricite.

La biotite est sous forme de cristaux automorphes à sub-automorphes. Ces biotites ne présentent pas d'orientation préférentielle et témoignent ainsi de leur caractère post-schisteux.

La matrice est constituée essentiellement de chlorite en association avec du quartz fin et de fines paillettes de séricite.

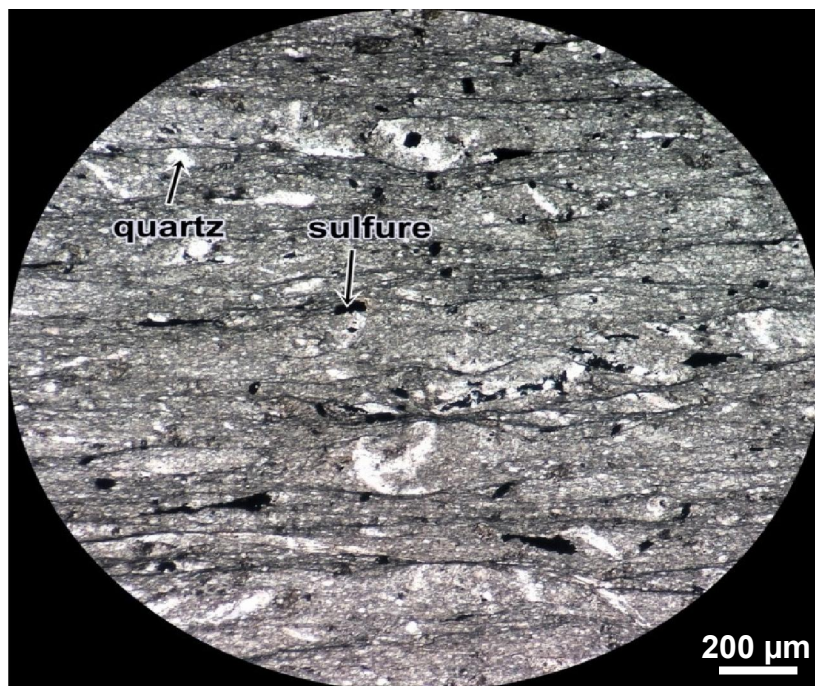


Figure 8 : Aspect microscopique des faciès tuffacés (L.N.)

### Les carbonates :

Ce faciès se présente soit sous forme de lentilles centimétriques à métriques inter stratifiées au sein des métapelites ; soit sous forme d'alternance rythmique avec des métapelites. Ces faciès carbonatés montrent également des disséminations de sulfures.

Microscopiquement, ce faciès montre une minéralogie dominée par la calcite. Cette dernière se présente sous forme de plages fortement recristallisées et maclées. Localement, on note la présence de claste de quartz isolé dans la matrice. La biotite a été également observée dans ce faciès carbonaté. (Figure 9).

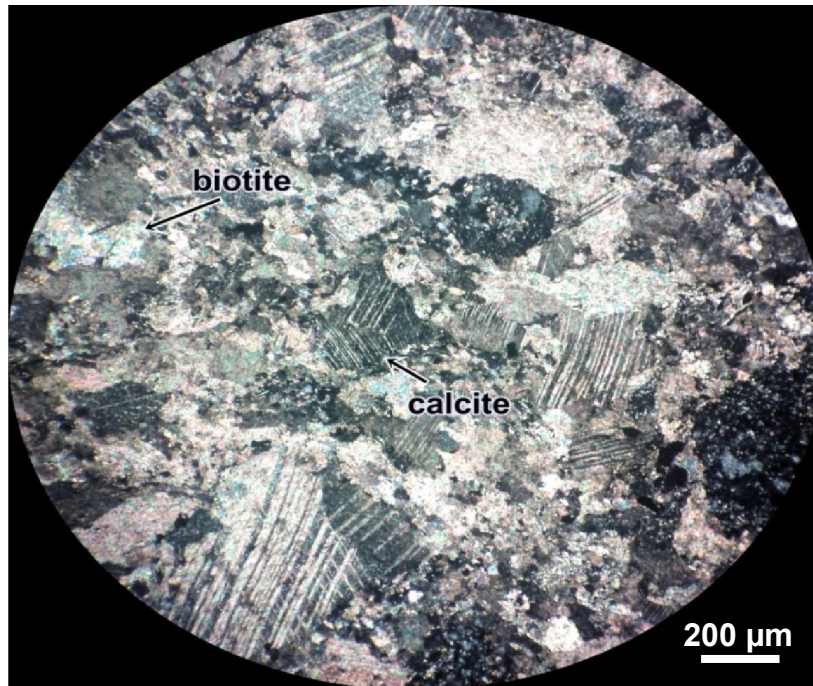


Figure 9. : Aspect microscopique des carbonates (L.N.)

### 3. Les altérations hydrothermales:

Dans cette partie ouest descendrière, l'étude pétrographique réalisée sur les faciès interceptés montre que ces faciès sont moyennement à fortement altérés. Cette altération se manifeste par :

**La chloritisation** : Elle est relativement réduite, mais elle est parfois très développée dans certains faciès fortement hydrothermalisés, où la matrice de la roche est essentiellement chloriteuse.

**La séricitisation** : les séricites sont très abondantes dans tous les échantillons étudiés. Il s'avère difficile de distinguer les séricites métamorphiques de celles issues de l'altération hydrothermale. Les séricites sont rencontrées également dans les taches de la minéralisation disséminée, où elles semblent accompagner le dépôt du minéral.

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

**La biotitisation** : Elle est très développée dans tous les faciès encaissant la minéralisation. Les biotites sont présentées sous forme de taches parfois très abondantes. Elles seraient d'origine métamorphique.

### 4. Conclusion de l'étude lithostratigraphique et pétrographique :

Cette étude a révélée que les sulfures sont encaissés dans un encaissant volcano-sédimentaire qui comprend : Les métapelites gréseuses, les métapélites, les tufs et les carbonates.

Les principaux types d'altérations rencontrées au cours de cette étude sont :

- La silicification
- La chloritisation
- La séricitisation
- La biotitisation

D'après l'étude lithologique, on a constitué un log stratigraphique des niveaux étudiés.

Un essai de corrélation a été réalisé sur la base des données que nous avons relevées dans cette zone. La figure 10 montre la position lithostratigraphique de la zone étudiée par rapport à la lithostratigraphie globale établie dans le gisement de Hajjar, Il s'est avéré que la série étudiée correspond à l'unité sommitale du gisement c'est-à-dire qu'on est au niveau du toit de la minéralisation.

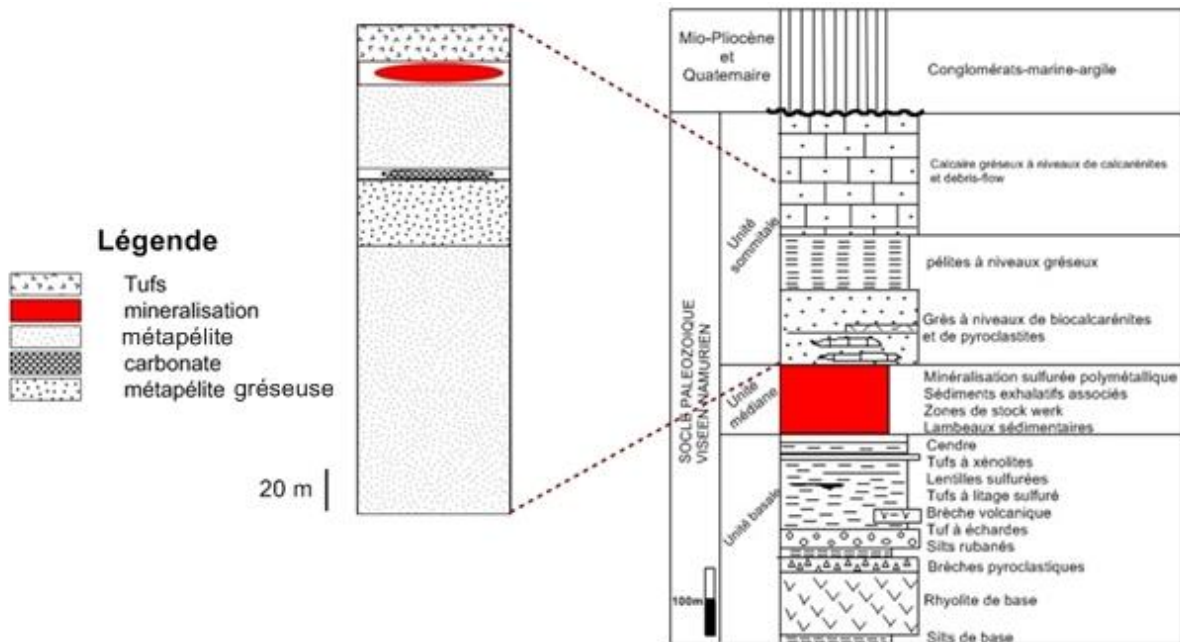


Figure 10 : Corrélation lithostratigraphique du log synthétique de la zone étudiée (ExWD) avec celui de Hajjar établie par Hibti (2001)

## II. ETUDE METALLOGRAPHIQUE :

Pour cette étude, 6 lames polies ont été confectionnées à partir des échantillons récoltés. Cette étude nous permet d'identifier les différentes phases minérales existantes ainsi que leurs textures et leurs liaisons.

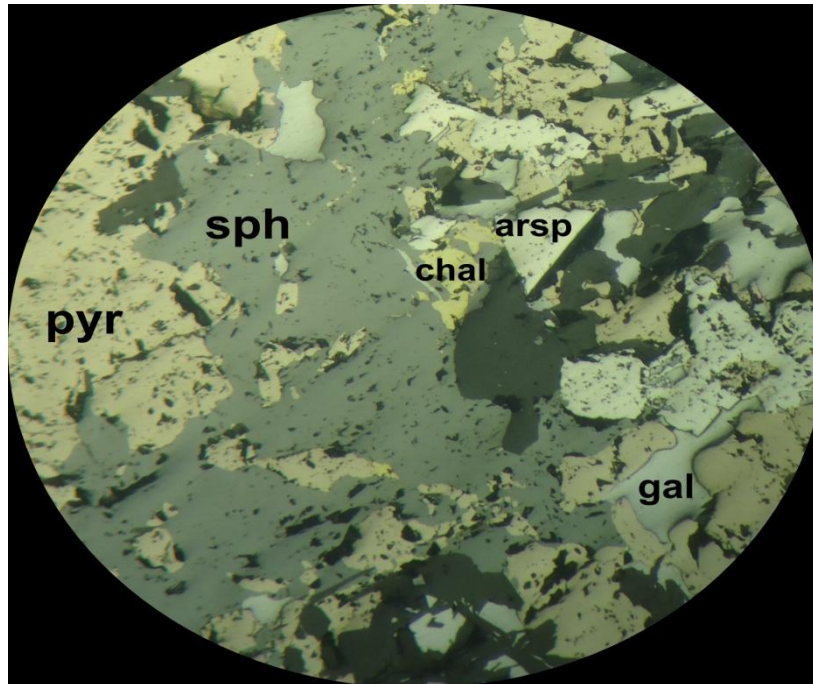
Les échantillons prélevés dans la zone minéralisée interceptés au niveau du corps extrême ouest descendier, permettent de relever une variété de faciès minéralisés.

En effet on distingue :

- ✓ Une minéralisation massive ;

- ✓ Une minéralisation rubanée ;
- ✓ Une minéralisation disséminée
- ✓ Minéralisation d'imprégnation
- ✓ Une minéralisation remobilisée.

***Minéralisation massive :***



**Figure 11 : Photo de minéralisation massive**

Légende : pyr : pyrrhotite, gal : galène, chal : chalcopirite, arsp : arsénopyrite, sph : sphalérite.

C'est la minéralisation la plus importante du point de vue économique. Il s'agit d'une minéralisation grossière, riche en lambeaux d'encaissant.

L'observation microscopique révèle une dominance de la pyrrhotite étirée et déformée, de l'arsénopyrite automorphe et fortement fracturée (Figure 11). La sphalérite a été observée sous forme de taches ou remplissage des fractures de l'arsénopyrite et de la pyrrhotite.

La chalcopirite a été également observée sous forme de taches dans la pyrrhotite et la sphalérite. La chalcopirite remplit aussi les fractures de l'arsénopyrite (Figure 12) et la sphalérite.

La galène se présente sous forme de petites taches incluses dans la pyrrhotite et la sphalérite.



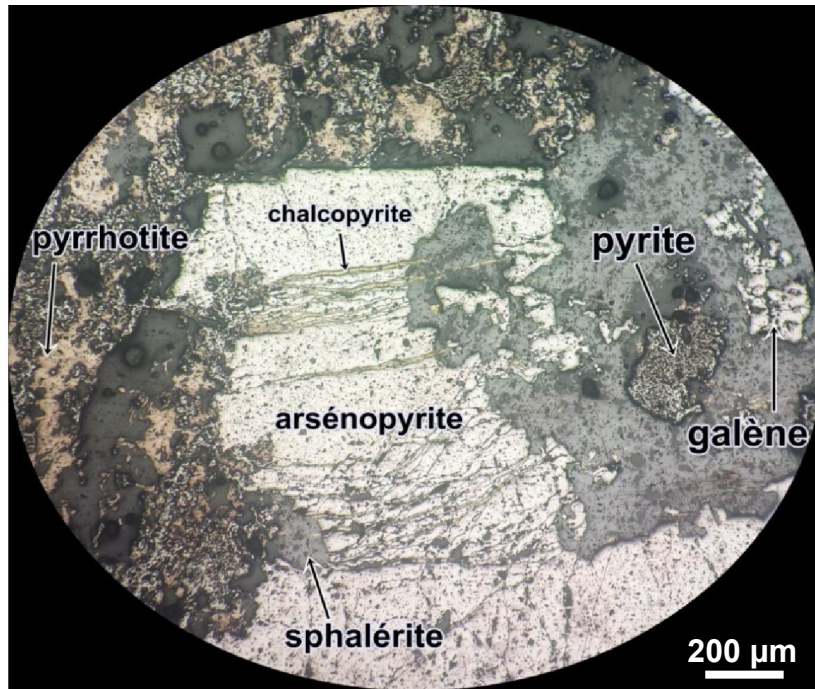


Figure 12 : Chalcopyrite, sphalérite et pyrrhotite en remplissage de fissures dans l'arsénopyrite. (L.N.réfléchie)

### *Minéralisation rubanée :*

Ce type de minerai est constitué essentiellement de sphalérite, de pyrrhotite, de galène et de chalcopyrite avec quelques cristaux de pyrite secondaire localisés au sein de la pyrrhotite. Ces phases s'organisent en rubans à puissance variable millimétrique à centimétrique.

Macroscopiquement on distingue deux types de rubans, un de couleur jaunâtre claire et l'autre de couleur plus grisâtre. La distinction entre ces rubans repose sur l'abondance relative de la pyrrhotite et de la sphalérite.

Au microscope les rubans jaunâtres sont essentiellement à pyrrhotite (phase dominante à 75%) avec des reliques de sphalérite, de galène et de chalcopyrite (Figure 13). Les rubans grisâtres quant à eux, sont essentiellement à sphalérite (90%), avec de la pyrrhotite, la galène et la chalcopyrite.



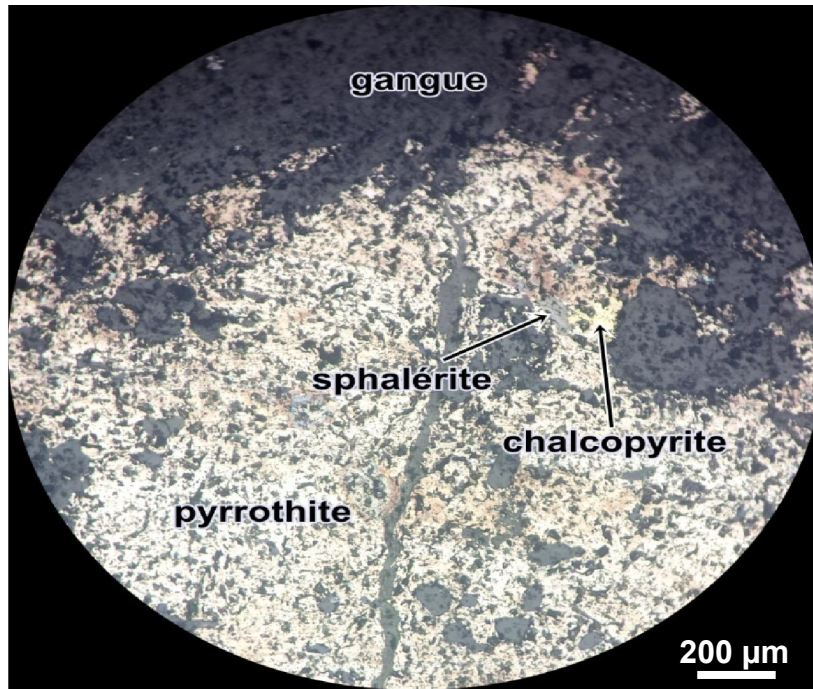


Figure 13 : Photo de pyrrhotite avec des reliques de chalcopyrite et sphalérite

*Minéralisation disséminée :*

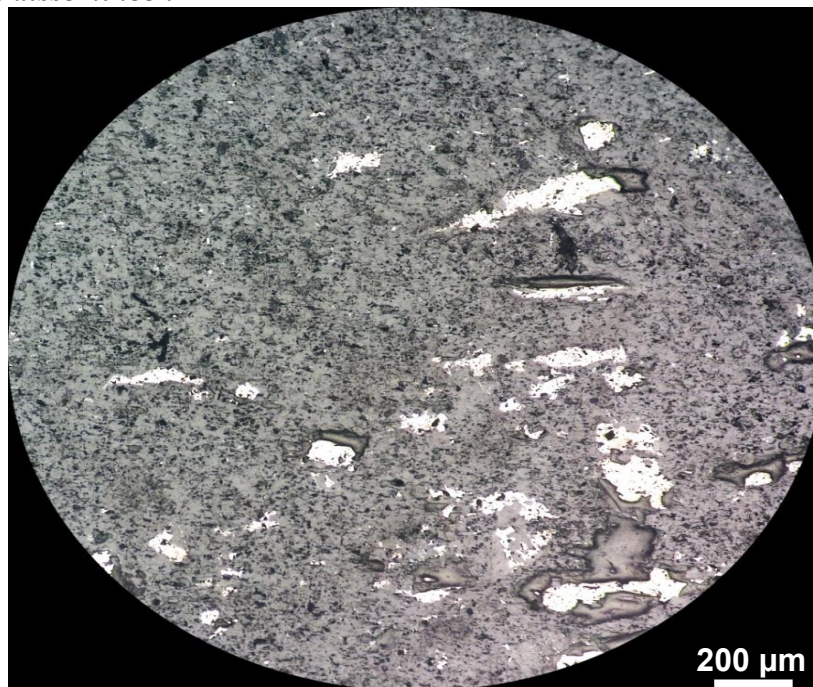


Figure 14 : Photo de micro lentilles minéralisées

Elle est largement représentée dans presque tous les faciès, notamment plus accentuée dans les tufs et les grés-pélites. Ce type de minerai ne présente pas d'intérêt économique. Il se présente généralement sous forme de mouches de tailles millimétriques ou microlentilles centimétriques (Figure 14), essentiellement à pyrrhotite parfois à sphalérite ou pyrite disséminées dans la matrice. Ces mouches de minéralisation sont aplaties, boudinées et allongées dans les plans de la schistosité régionale (Figure 15).

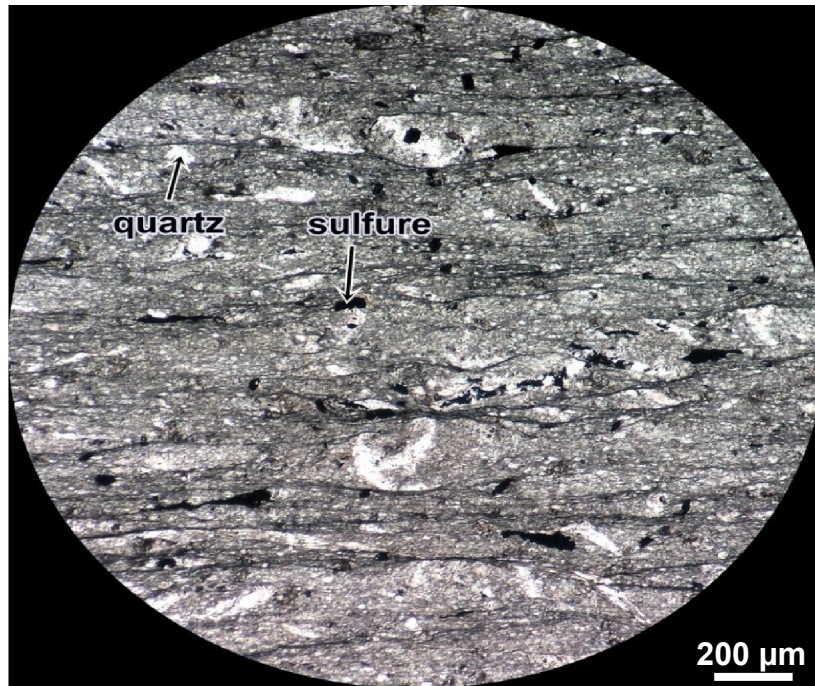


Figure 15 : Photo d'orientation des sulfures selon la S1

*Minéralisation d'imprégnation :*

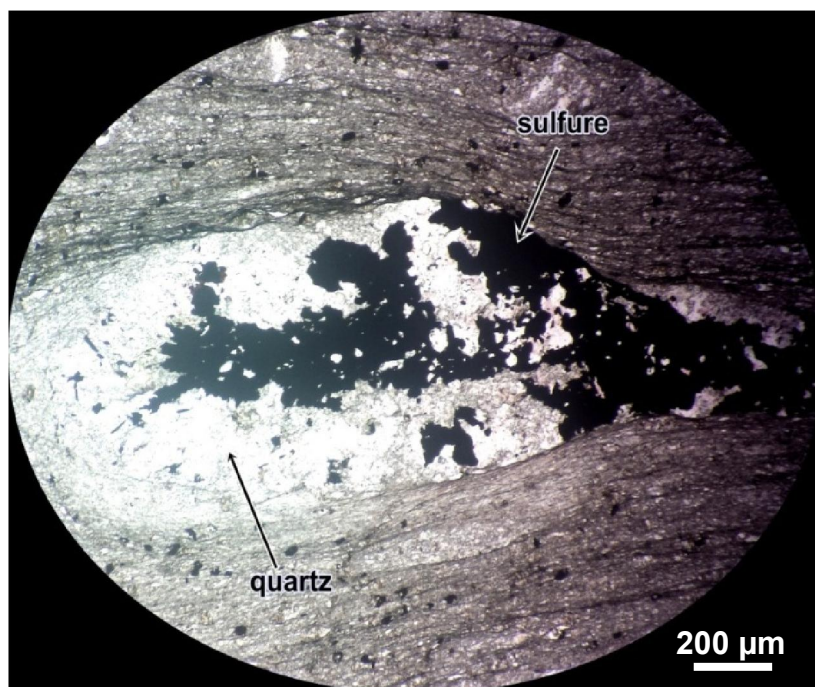


Figure 16 : Photo d'association des sulfures et du quartz

Ce minéral est localisé dans toute la série avec une nette abondance dans les silts et les tufs. Dans ce minéral les sulfures imprègnent l'espace inter granulaire, moulant et colmatant ainsi les grains de quartz (Figure 16). Au microscope, la pyrrhotite représente la phase la plus dominante, suivie de la sphalérite et de la galène. Ces trois phases représentent presque les



mêmes caractéristiques morphologique et granulométrique. Ils englobent les uns les autres et témoignant ainsi de leur caractère synchrone ou syngénétique.

### ***Minéralisation remobilisée :***

Elle est localisée dans des zones à quartz, parfois en contact direct avec le minerai massif. Elle est acquise tardivement lors des événements tectoniques ultérieurs étant survenu après la mise en place de la minéralisation. Macroscopiquement il s'agit d'une minéralisation constituée essentiellement par la pyrrhotite et la chalcoppyrite. Microscopiquement, la chalcoppyrite contient des reliques de pyrrhotite, de sphalérite et de galène. Alors que la pyrrhotite est sous forme de grains de grandes tailles.

## **1. Minéralogie du minerai**

### ***La pyrrhotite :***

Elle représente la phase principale des sulfures de la partie extrême ouest descenderie. Dans les différents faciès minéralisés, la pyrrhotite englobe et renferme en inclusion, la sphalérite, l'arsénopyrite, la galène et la chalcoppyrite (Figure 17). Ces mêmes minéraux peuvent également contenir des inclusions de la pyrrhotite, qui elle aussi renferme la pyrite secondaire dans des proportions très faibles.

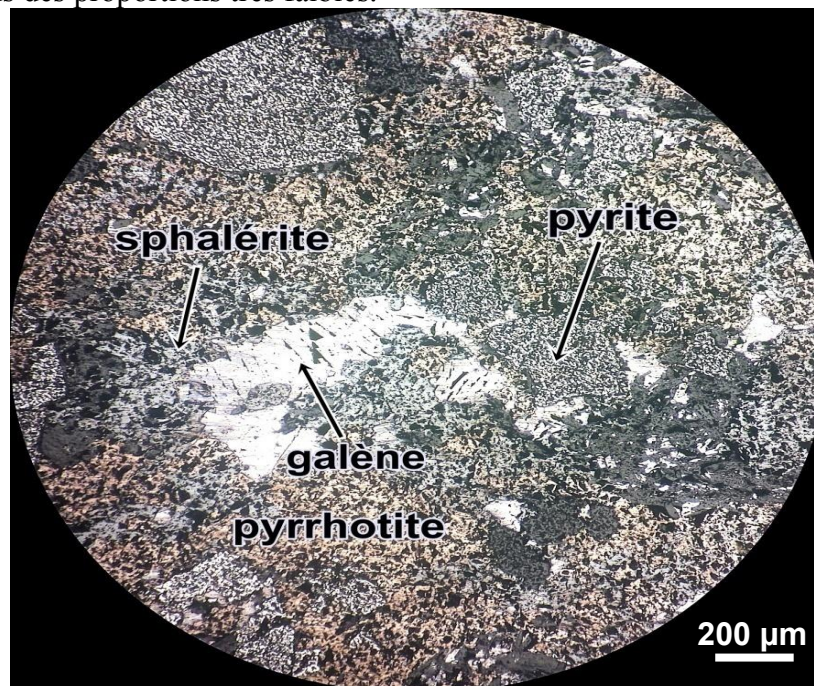


Figure 17 : Photo de la pyrrhotite renferme en inclusion sphalérite

### ***La sphalérite :***

C'est le minéral porteur de zinc dans l'extrême ouest descenderie. Elle a un intérêt économique très important. Dans notre secteur d'étude la sphalérite représente la phase dominante après la pyrrhotite.

### ***La galène :***

Elle est intimement associée à la sphalérite. Localement, elle a été observée en inclusions au sein de la pyrrhotite. Elle n'a pas été observée dans le minerai disséminé.

Dans le minerai remobilisé, la galène est très localisée, et se présente sous forme d'inclusions.

***La chalcopyrite :***

Elle se présente sous différentes formes, en fonction du type de minerai. Généralement, elle se présente sous forme de cristaux micrométriques disséminés dans la pyrrhotite et la sphalérite assurant les joints entre leurs cristaux.

Généralement, la chalcopyrite se présente soit sous forme de fines plages disséminées dans la pyrrhotite, soit associée à la sphalérite, soit sous forme de plage millimétrique englobant la sphalérite et la pyrrhotite.

***L'arsénopyrite :***

Elle est présente dans quelques échantillons de faciès minéralisés récoltés. Elle se présente sous forme de cristaux automorphes.

L'arsénopyrite présente des microfissures à remplissage de chalcopyrite qui est plus tardive (Figure 18).

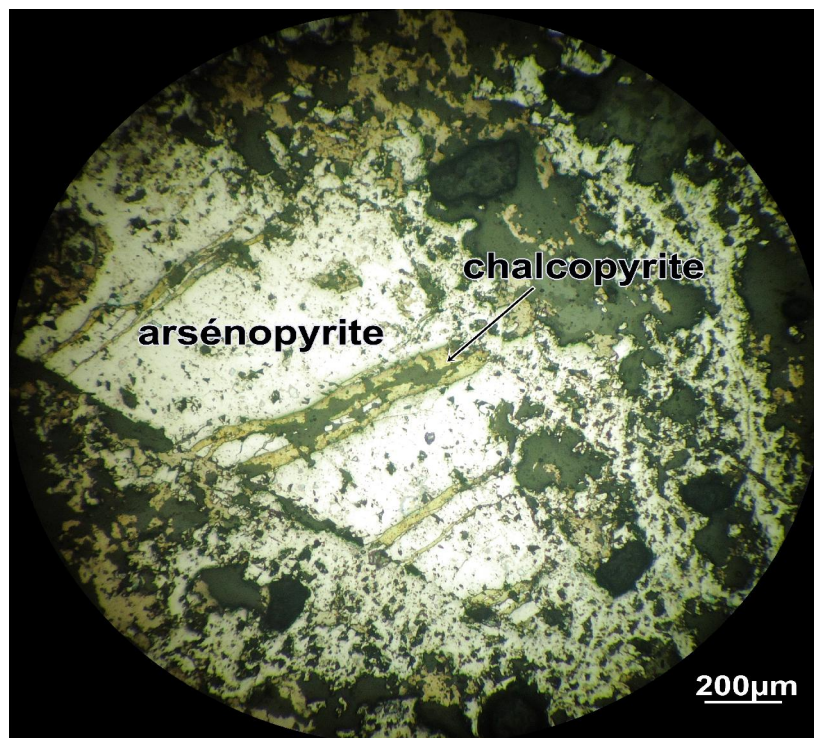


Figure18 : Remplissage des microfissures de l'arsénopyrite par de la chalcopyrite

***La pyrite :***

Parmi presque tous les faciès minéralisés, la pyrite n'a été déterminée que dans le minerai rubané et le minerai massif. Dans ce minerai, la pyrite est associée aux plages de pyrrhotite. La pyrite se présente sous forme de cristaux automorphes à sub-automorphes parfois en agglomération massive.

## 2. Conclusion de l'étude métallographique

L'étude métallographique menée sur les lames polies confectionnées à partir des échantillons collectés aux niveaux des galeries, a montré une population d'espèces métalliques riche et variée:

La pyrrhotite représente le sulfure de fer dominant au niveau du gisement de Hajjar. Elle est présente dans pratiquement tous les échantillons. Parfois, elle représente jusqu'à 80% du volume minéralisé. La pyrrhotite est souvent en association avec la pyrite.

La sphalérite et la chalcopryrite sont les phases les plus abondantes après la pyrrhotite, ce sont les minéraux les plus exploités

La galène est la deuxième cible pour l'exploitation après la sphalérite et la chalcopryrite mais sa présence est secondaire ; ceci est montré par l'étude des sections polies.

L'arsénopyrite et la pyrite sont faiblement représentés par rapports aux précédents.

### **III. ETUDE STRUCTURALE**

Cette étude portera sur une description de la stratification, de la schistosité ainsi que des failles. Pour ces dernières les résultats seront présentés pour chaque niveau pour en faire une synthèse générale à la fin. L'étude des différents éléments structuraux relevés sur le terrain ont été reportés sur des rosaces directionnelles.

#### **1. Stratification :**

Dans la zone d'étude, précisément au niveau 400, la stratification est marquée par une minéralisation syn-sédimentaire à l'intérieur des métapelites. Elle est bien visible et localement décalée par des failles (figure 19). Cette minéralisation est parfois plissée.



Figure 19 : (A) photo de la stratification décalée par un jeu de faille (Photo prise au fond dans le niveau 400 de l'ExWD)

Le traitement statistique des mesures de stratification prélevées dans ce niveau (400) nous ont permis d'obtenir les résultats suivants :

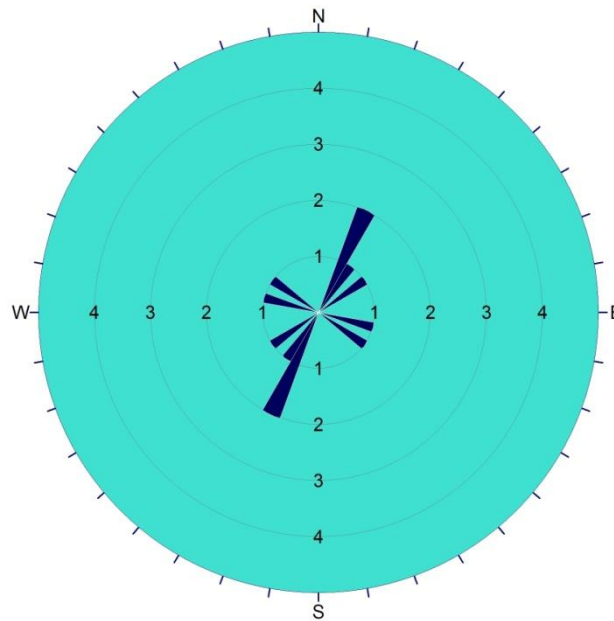


Figure 20 : La rosace directionnelle de la S0

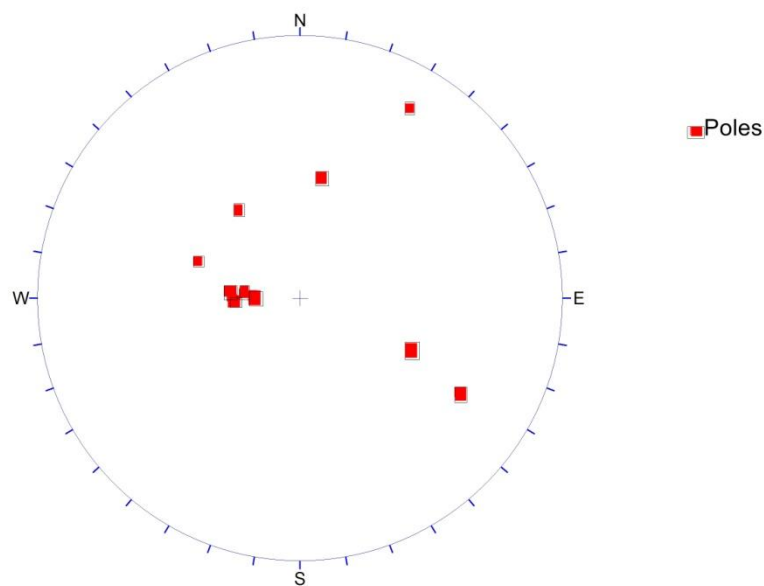


Figure 21 : Situation des pôles de la S0

La rosace de ces valeurs montre qu'on a une stratification globalement orientée NE – SW (N30°E à N40°E) avec des pentages moyens à fort vers le NW. On note également des directions NW – SE avec des pentages vers le SE (figures 20 et 21).



La dispersion des pôles nous permet de dire que cette stratification a subi des perturbations tectoniques. Le nombre réduit de mesures prises ne permettent pas de bien voir l'alignement des pôles suivant un grand cercle.

## 2. Schistosité

Cette structure ductile est représentée au fond par une succession de plans pénétratifs, bien marqués au niveau des métapelites. La rosace montre qu'il s'agit d'une schistosité majeure précoce (S1) (Figure 22).

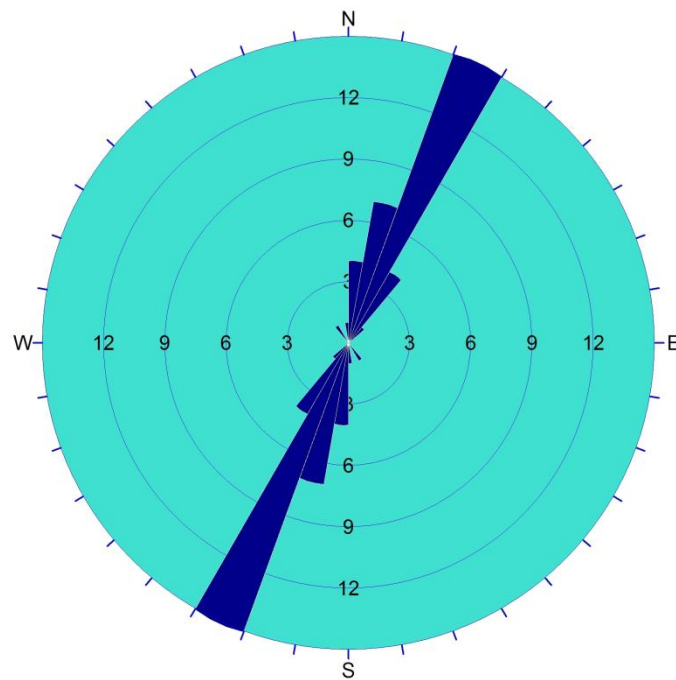


Figure 22 : Rosace directionnelle de la schistosité dans les niveaux 357 et 400 de l'ExWD

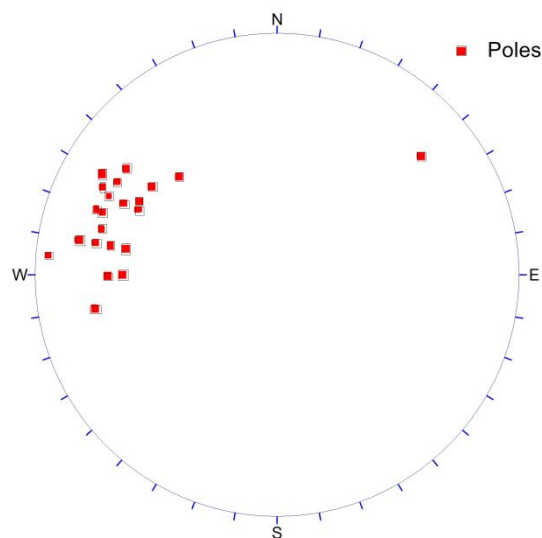


Figure 23 : Situation des pôles de la S1 de la schistosité dans les niveaux 357 et 400 de l'ExWD

**La S1:** La rosace directionnelle de la schistosité montre des directions N-S à NNE – SSW. (Figure 22 et 23). Ces plans donnent un pôle moyen orienté N49° à N315.

La contrainte maximale responsable de cette schistosité est donc orientée WNW-ESE. Cette contrainte pourrait correspondre à l'orogénèse hercynienne.

### **3. Les failles**

Les structures faillées relevées dans les deux niveaux étudiés sont très abondantes. Ces structures montrent des directions variées. Elles montrent souvent un remplissage à calcite, chlorite et quartz.

Le plan suivant montre le positionnement des failles mesurées tout au long des niveaux 357 et 400 de la zone extrême ouest descendière :



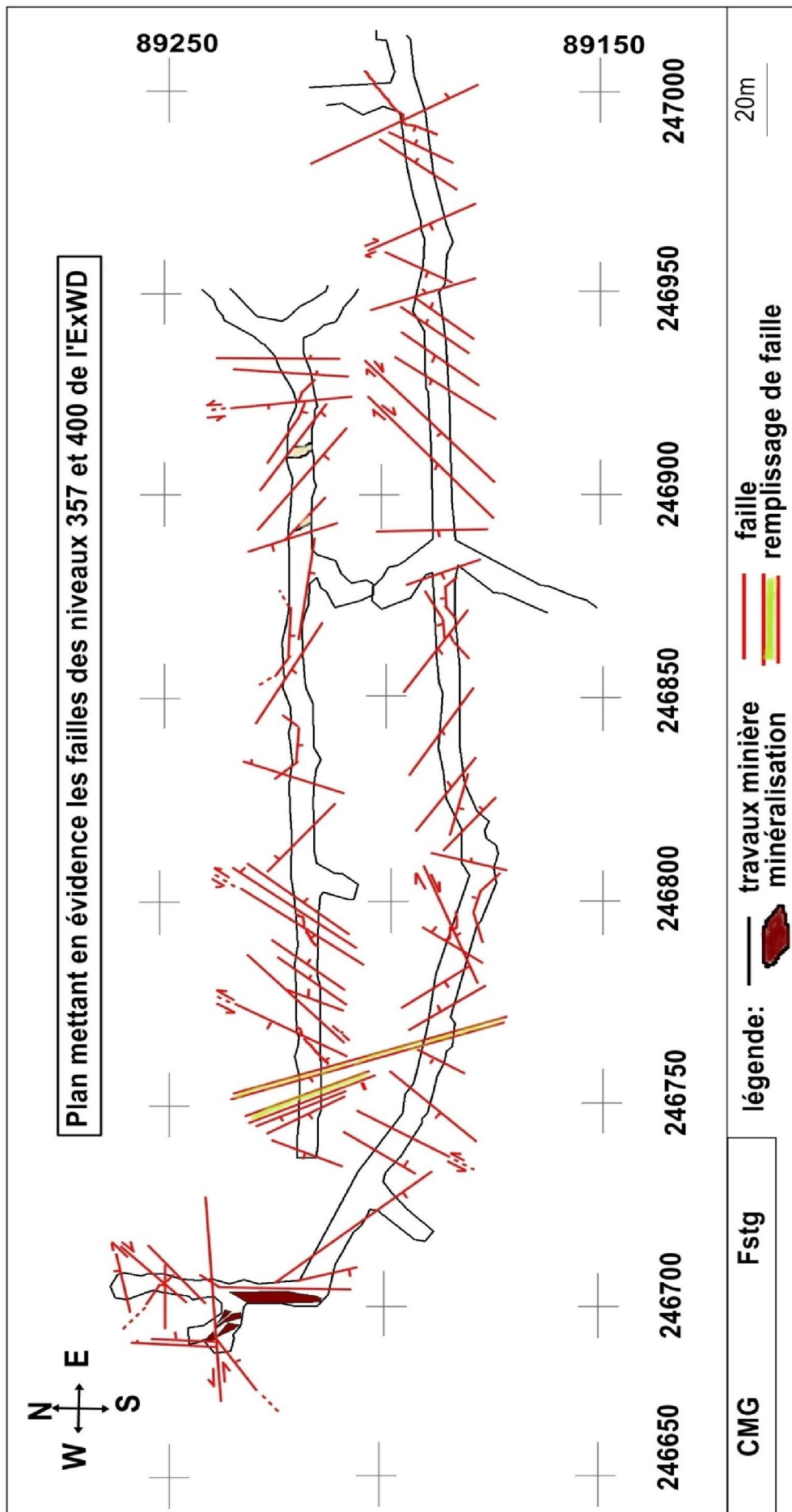


Figure 24: Plan des failles mesurées dans les niveaux 357 et 400 de l'Extrême ouest descendrière.

La cartographie des failles du niveau 357 et leurs rosaces directionnelles ont permis de distinguer quatre grandes familles (Figure 25) :

- La famille NW-SE (dominante) ;
- La famille NE-SW ;
- La famille NNE-SSW ;
- La famille E-W ;

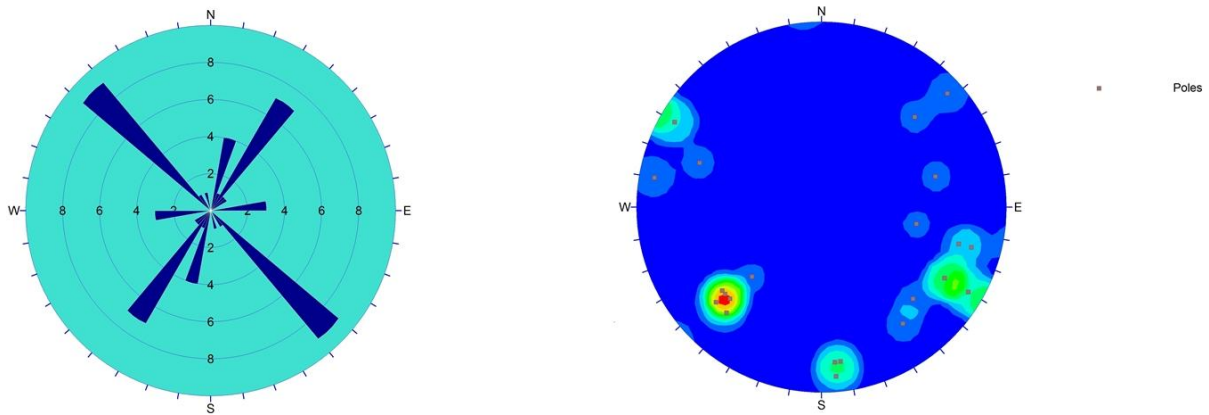


Figure 25 : Rosace et concentration de Fisher pour les failles relevées dans le niveau 357

Les failles sont représentées par quatre familles. La première famille majeure est orientée NW-SE, la deuxième a une direction entre N30 à N40 avec un pendage de 75° NW, la troisième avec une orientation NNE-SSW et un pendage de 65° vers le NW, La dernière famille est plutôt minoritaire et est orientée E-W. La famille majeure rassemble un réseau de failles décrochantes senestres, et dont le pendage varie entre 80° et 85° vers le NE (Figure 26).

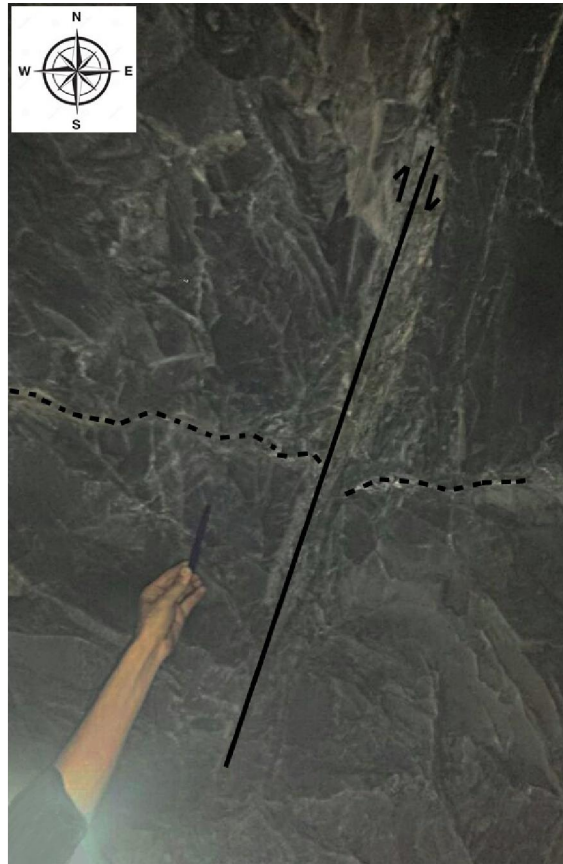


Figure 26 : Photo de faille décrochante avec un jeu senestre (PRISE DEPUIS LA COURONNE)

La mesure systématique des structures faillées, réalisée dans le niveau minier 400 de la zone ExWD, ainsi que l'analyse des rosaces directionnelles de ces structures, permet de distinguer quatre familles directionnelles principales (Figure 27) :

- La famille NE-SW (dominante) ;
- La famille NW-SE ;
- La famille N-S ;
- La famille E-W ;

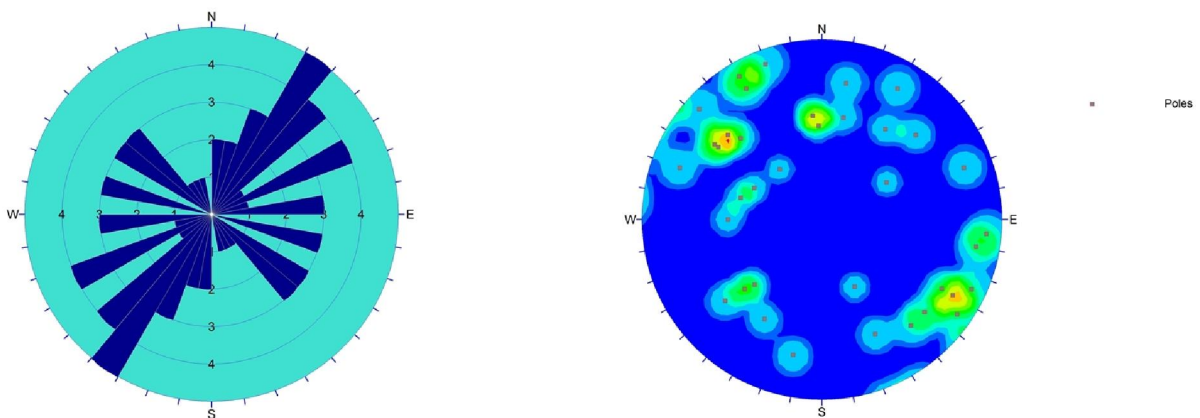
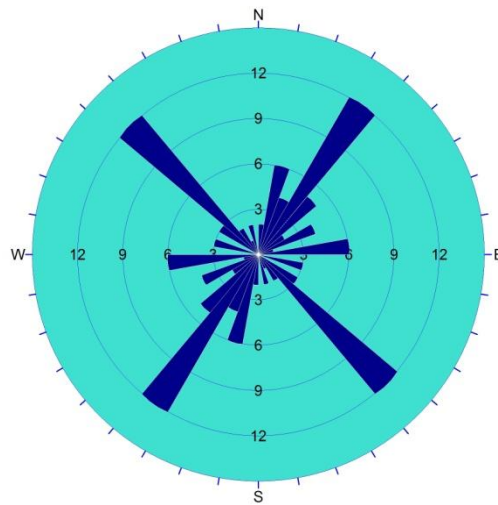


Figure 27 : Rosace et concentration de fisher des failles de niveau 400

La famille dominante dans ce cas est celle de direction NE-SW avec un pendage de 75 à 80 vers le NW. Suivis par celle de direction NW-SE ensuite par les familles E-W plus au moins marquée par rapport aux N-S qui sont minoritaires.

Les deux familles NE-SW et NW-SE sont représentées par des failles décrochantes dextres, elles provoquent des crochons de failles bien visibles de la So sur le parement des galeries. Par contre la famille N-S rassemble des failles de petites dimensions.

Les mesures effectuées dans les deux niveaux suscités ont été rassemblées afin d'obtenir une rosace directionnelle (Figure 28) qui nous permettra de citer les différentes familles ainsi que d'établir une chronologie relative des familles retrouvées.



**Figure 28 : Rosace directionnelle des failles des deux niveaux**

Cette rosace permet de retenir deux grandes familles dont les directions sont NW-SE et NE-SW, suivis par les familles E-W et finalement la famille N-S qui rassemble des failles de petites dimensions.

La chronologie relative de ces différentes familles de failles, ne peut être mise en évidence qu'à partir des intersections entre les différentes familles (Hibti 2001). Ces intersections sont peu nombreuses et parfois invisibles dans le secteur d'étude, à cause des accès interdits des galeries. Mais on a pu établir la chronologie suivante :

- La famille NE-SW est d'âge hercynien
- La famille NW-SE et E-W est tardi-hercynienne
- La famille N-S, elle est plus tardive

#### 4. Conclusion :

Sur le plan structural, la zone ciblée du grand projet de l'extrême ouest descendrière, est caractérisée par la succession de plusieurs phases tectoniques enregistrées à l'échelle locale et qui s'intègrent aux événements enregistrés à l'échelle régionale.

On conclut que la stratification et la schistosité sont parallèles dans la majorité des cas, avec directions moyenne NE-SW à pendage moyen à fort vers le Nord-Ouest. D'autres directions de schistosité ont été relevées et sont le résultat de perturbations provoquées à proximité des failles décrochantes senestres.

En se basant aussi sur les données de la CMG, la stratification et la schistosité apparaissent parfois sécante voir même perpendiculaire dans certains cas (Figure 29). Ce qui confirme la présence de phase de plissement déjà citée dans la bibliographie.

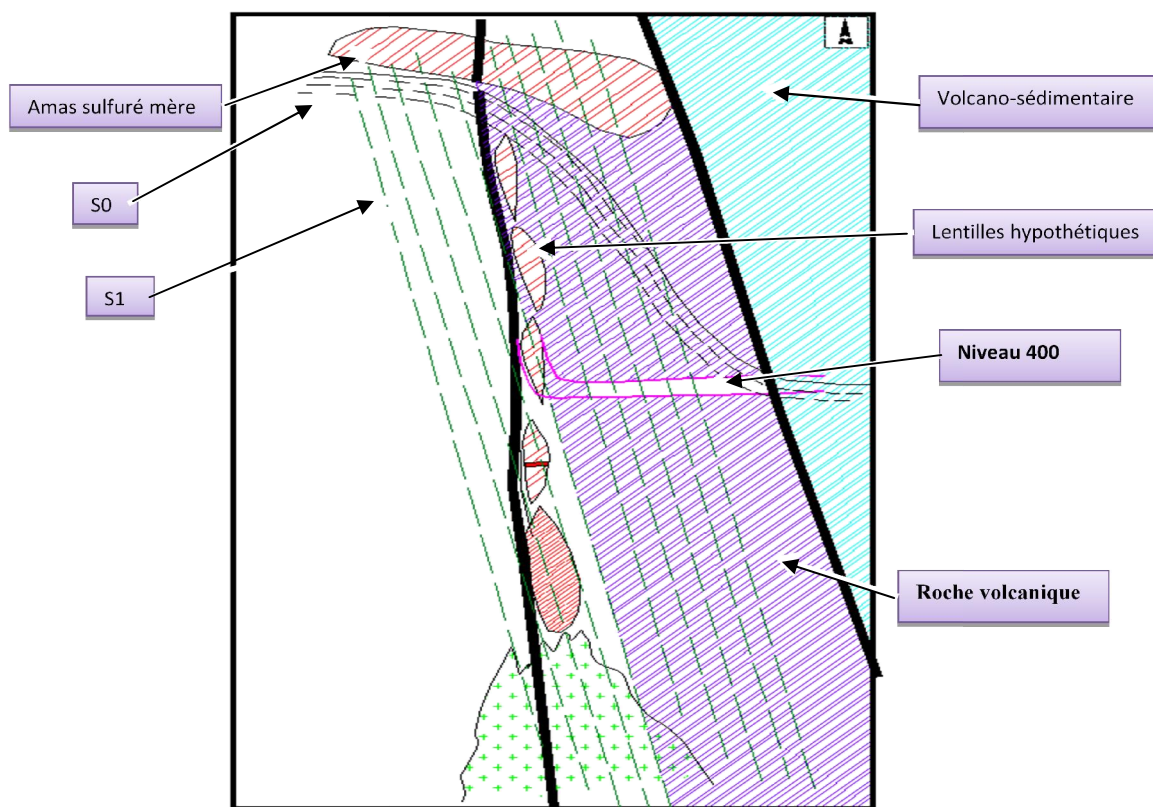


Figure 29 : Situation de la S0 par rapport à la S1 (Document interne CMG)

Les failles sont représentées suivant deux directions principales: NW-SE et NE-SW. Ces structures faillées montrent généralement un remplissage chloriteux ou carbonaté. Le jeu relevé sur ces structures est principalement dextre.

#### ***IV. CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATION***

L'étude lithologique et pétrographique des échantillons collectés dans les niveaux 357 et 400 de la zone extrême ouest descenderie, montrent que les faciès présent dans cette zone sont généralement des métapelites des silts et des faciès volcaniques à tufs. On note aussi la présence d'un faciès carbonatés minoritaire.

D'après l'essai de corrélation effectué nous avons pu dire que notre zone d'étude se situe au niveau du toit de la minéralisation.

Les altérations hydrothermales sont globalement de la chloritisation, séricitisation, silicification et biotitisation. Ces altérations ne représentent pas les mêmes degrés d'importance. En effet, la chloritisation et la séricitisation sont les plus importantes.

L'étude métallographique nous a permis de déterminer un ensemble de critères typiques de cette minéralisation. Sur le plan morphologique elle se présente essentiellement sous forme de lentilles de sulfures, massifs à lités, stratiformes et très déformées de puissance qui ne dépasse pas généralement les 5m et sur une extension de 20m en moyenne.

Elle est à pyrrhotite dominante, associée à la sphalérite, galène, chalcopryrite, arsénopyrite et pyrite. L'abondance d'une phase par rapport aux autres est fonction de la texture du minerai.

On a pu distinguer différentes textures du minerai, telle le minerai massif, le rubané, le disséminé et à imprégnation. La déformation ayant affectée la minéralisation, a engendré la recristallisation et la remobilisation des phases préexistantes, donnant ainsi naissance à un minerai riche en chalcopryrite dit minerai remobilisé.

De point de vue économique, bien qu'on ait relevé une grande diversité de texture, le minerai à texture massive et rubanée représentent les seuls minerais à grand intérêt économique.

L'étude structurale a montré que la schistosité a une direction moyenne NE-SW à pendage moyen à fort vers le Nord-Ouest.

Les autres directions de la schistosité sont le résultat de perturbations provoquées à la proximité des failles décrochantes senestres.

Les failles sont représentées par deux grandes familles dont les directions sont NW-SE et NE-SW, suivis par les familles E-W et finalement la famille N-S qui rassemble des failles de petites dimensions.

Dans le cadre des explorations réalisés dans cette partie ouest descenderie, des sondages carottés ont été réalisés au niveau de l'extrémité ouest du niveau 400. Ces sondages carottés ont interceptés une minéralisation sulfurée d'allure massive et lenticulaire. Cette minéralisation se présente sous forme de deux lentilles : l'une encadrées par des structures



faillées N-S (lentille Est) et l'autre (Ouest) affectée par des structures faillées N-S, NE-SW (Figure 30). Ces deux lentilles apparaissent intéressantes pour une éventuelle exploitation.

Après abattage, la lentille orientale apparaît continue et même évoluant en puissance, en allant vers la profondeur. La lentille occidentale à caractère massif, quant à elle, a disparue. Les seules traces de cette minéralisation sont de lentilles fines contrôlées par la structure faillée N-S et cisailées par la grande structure E-W (Figure 31).

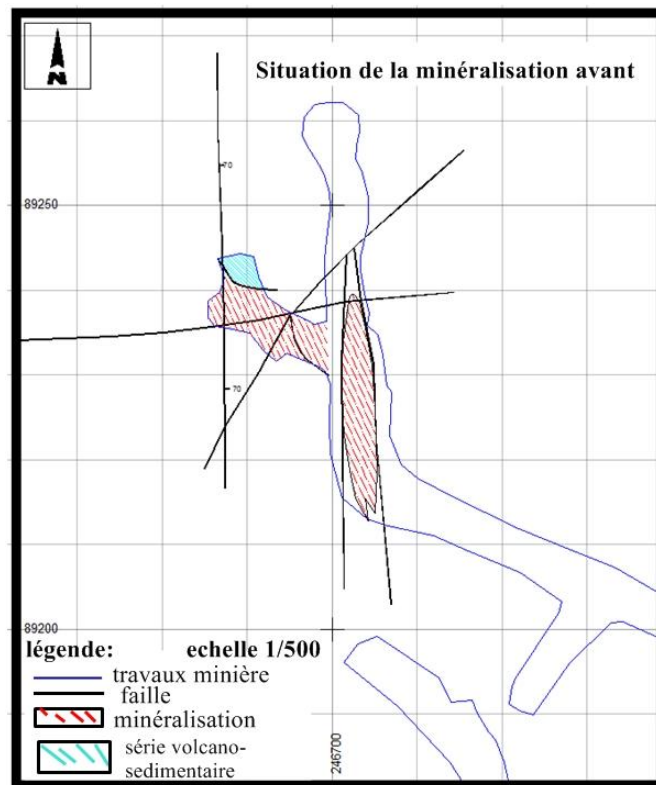


Figure 31 : Situation de la minéralisation avant abattage (Donnée interne CMG)

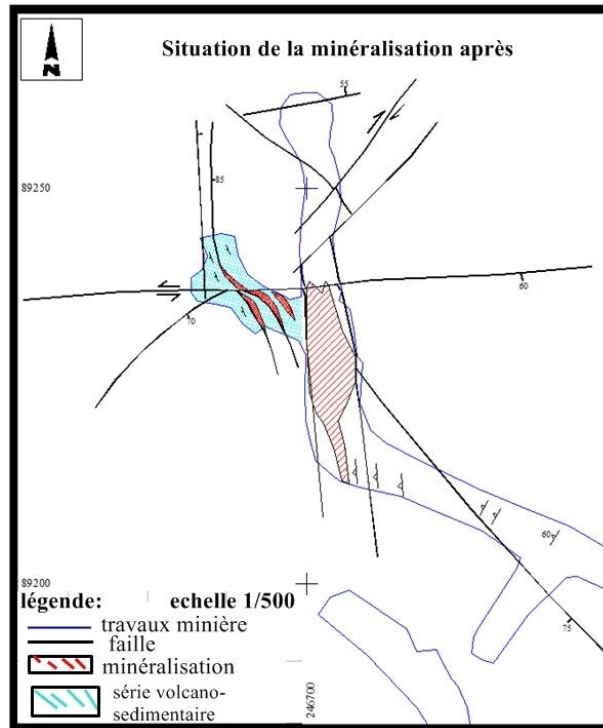


Figure 31 : Situation de la minéralisation après abattage (Donnée interne CMG)

Pour notre part on pense que la continuité de cette lentille est probablement en aval. Cette dislocation serait la conséquence du jeu cisailant de cette grande structure E-W qui aurait complètement dilacérée la lentille principale en lentilles secondaires fines.

A l'issue de ces conclusions, il est donc recommandé au service géologique de Hajjar :

-D'établir des sondages vers l'aval pour confirmer ou pas la présence de minéralisation.

-De multiplier les études surtout d'ordre structural, pour bien définir les secteurs minéralisés, puisque les failles présentent toujours le risque de décaler la minéralisation.



## V. REFERENCES

**BOUMMANE, M. H.** (1987)- Les déformations hercyniennes superposées dans le sud de la meseta marocaine l'exemple des séries paléozoïques du Horst de Guemassa (Haouz de Marrakech) Thèse 3<sup>ème</sup> cycle. Université Cadi Ayyad, Marrakech, 212 p.

**EDDEBI A et al** (1998) - L'amas sulfuré de Hajjar (Guemassa, Maroc). Chronique de la Recherche Minière, n° 531-532, pp. 45-54.

**Felenc et al** (1985). Découverte d'un amas sulfuré caché à pyrrhotite et métaux de base à Hajar (Massif des Guemassa, Maroc). Chronique de Recherche Minière, 478: 61-66.

**HAIMEUR, J.** (1998)- Litho-stratigraphie, géochimie et métallogénie de l'environnement volcanosédimentaire 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 3<sup>ème</sup> cycle. Université Cadi Ayyad Marrakech, 197 p.

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

**Ouadjou, A.** (1997). Pétrographie, géochimie et structure des roches magmatiques anté-schisteuses des massifs hercyniens des Guemassa et Souktana. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Marrakech, 236 pp.

**Raqiq, H.** (1997). Le bassin Carbonifère des Guemassa (Meseta Sud occidentale, Maroc) : lithostratigraphie, sédimentologie et évolution structurale. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Marrakech.

**Soulaimani A.** (1991) : L'évolution structurale des affleurements paléozoïques du Haouz de Marrakech (Guemassa -N'Fis) - Maroc. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech (Maroc), 180p.

**Zouhry(1999)** : Metamorphisme de hajjar présence d'anthophyllite.