

Présentation du rapport de stage de fin d'étude pour  
l'obtention d'une License Science et Technique

Laboratoire Géo-ressources URAL 42

**SYNTHESE ET COMPILATION DE LA  
MINERALISATION SUD-EST DU  
COPRS PRINCIPAL DE LA MINE DE  
HAJJAR**

Soutenu le 29/06/2017

Réaliser par : - SEMMAR Ayoub

Sous la direction de : - Pr.HIBTI Mohammed

- Mr.KHALIFA abdellali



# *Remerciements*

Par cette missive,

Nous tenons a remercié tous les participants a la réussite de ce stage. Plus précisément les personnes citées ci-dessous :

- Professeur Mohammed HIBTI qui est notre maître de stage et qui a eu confiance en nous, il nous a soutenu et encouragé pendant toute la durée de formation, malgré les conditions.

- Monsieur Abdelali KHALIFA qui est notre encadrant professionnel pour le temps qui nous a consacré, l'aide qui nous a fournis et pour tous ces conseils constructifs.

-Toute l'administration universitaire, en particulier les intervenants professionnels responsables de la formation GARM (Géologie Appliquée aux Ressources Minières)

- Tout le personnel de la CMG (compagnie minière de Guemassa) de nous avoir accueillis durant ce stage dont \*le personnel du service logistique et tous les opérateurs qu'on a été amené à côtoyer durant le stage.

\* Monsieur Daoud. Monsieur Abdeslam et Monsieur ROKO qui ont toujours eu du temps pour répondre à nos différentes questions.

Finalement, mes remerciements s'adressent à tous mes collègues et amis de classe, mais aussi aux membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.

# Table des matières

-liste des photos.....	6
-liste des figures.....	7
<i>I. Introduction générale.....</i>	<i>8</i>
I.1. Historique .....	9
I .2. Situation géographique.....	10
<i>II. CHAP1 :Cadre géologique.....</i>	<i>11</i>
II.1. Cadre géologique général.....	11
II.2. Cadre local.....	12
<i>III.CHAP2 : Présentation du gisement polymétallique de Hajar.....</i>	<i>14</i>
a. La Morphologie des corps minéralisés du Hajar .....	14
b. La Relation minéralisation-encaissant.....	14
c .La Succession paragénétique .....	14
III.1. Structuration.....	15
III.2. Métamorphisme.....	16
III.3. Volcanisme.....	16
III.4. Lithostratigraphie.....	16
III.5. Altérations Hydrothermales .....	19
III.6. Mode de mise en place.....	21
<i>IV.Chap3. Méthodologie de travail.....</i>	<i>22</i>
IV .1. Objectif de l'étude .....	22
IV.2. Méthodologie de travail .....	22

<i>V.Chap4 . Etude lithologique.....</i>	<i>22</i>
V.1. Introduction.....	22
V.2. Description des sondages carottés.....	23
V.3. coupes et interprétations .....	29
<i>VI .CHAP5. Etude pétrographique, Métallographique Et Altérations hydrothermales. ....</i>	<i>31</i>
VI.1 . Etude pétrographique.....	31
VI.1.a. Métapelites.....	31
VI.1 .b. Silts.....	33
VI.1.c . Laves à bulles ou tufs volcaniques.....	34
VI.2. Etude Métallographique.....	35
VI .2.a Minéralisations de l'amas.....	35
VI.2.b. Les différentes phases minérales existantes ainsi que leurs textures et Leurs liaisons.....	37
VI.3. Altérations hydrothermales.....	39
<i>VII.Conclusion générale .....</i>	<i>42</i>

## *Liste des photos*

Photo 1 : Pérites gréseuses à récurrences carbonatées

Photo 2 : Aspect microscopique des pérites-gréseuses carbonatés (L.P)

Photo 3 : Silt sous grossissement x10

Photo 4 : Veines à quartz minéralisée observée dans des tufs volcanique.

Photo 5 : Aspect microscopique des tufs Rhyolitiques (L.P).

Photo 6 : la minéralisation d'imprégnation (L.P).

Photo 7 : La minéralisation disséminée (L.P)

Photo8 : la minéralisation fissurale (L.P)

Photo 9 : Petite faille au niveau du sondage FGC 178

Photo 10 : contacte Tufs-silt

Photo 11 : remplissage calcaire

Photo 12: Boudinage et microplissement

## *Liste des figures*

Figure 1 : L'organigramme de MANAGEM

Figure 2: Situation Carte de situation géographique de la région des Guemassa (document interne CMG)

Figure 3 :Localisation de la mine de Hajjar.

Figure 4: Morphologie du gisement de HAJJAR (document interne CMG)

Figure 5 : Log synthétique de Hajjar (document interne CMG)

Figure 6 : Zonalités des altérations hydrothermales des gisements de type VMS

Figure 7 : Plan de situation des sondages étudiés (document interne CMG)

Figure 8 : log stratigraphique du sondage FGC 172

Figure 9 : log stratigraphique du sondage FGC 175

Figure 10 : log stratigraphique du sondage FGC 176

Figure 11 : log stratigraphique du sondage FGC 177

Figure 12 : log stratigraphique du sondage FGC 178

Figure 13 : coupe des sondages FGC-172 et FGC-173 montrant les différents faciès ainsi que la localisation de la minéralisation

Figure 14 : coupe des sondages FGC-175 et FGC-176 montrant les différents faciès ainsi que la localisation de la minéralisation

Figure 15 : coupe des sondages FGC-177 et FGC-178 montrant les différents faciès ainsi que la localisation de la minéralisation

Figure 16 : Les analyses géochimiques effectuées sur les différents faciès des sondages FGC-172, 176,177 (document interne CMG).

## I. Introduction générale

A l'issue des trois premières années d'étude qu'on a effectué au sein de la Faculté des sciences et techniques - MARRAKECH (FSTG), on a tenu à faire un stage de fin d'étude dont les principaux objectifs : consolider le côté pratique de la formation et appliquer les méthodes étudiées. Ainsi, que l'obtention d'une License Science et Technique.

On a effectué un stage Technique durant un mois et demi au sein de la compagnie minière des Guemassa (CMG), qui est un établissement de l'SNI-MANAGEM .

### SNI (Société nationale d'investissement) :

C'est une organisation multinationale marocaine qui investit dans plusieurs domaines de l'industrie, le transport, l'agroalimentaire, les banques et les mines. Dès sa création en 1919, elle représente l'une des importantes sociétés de portefeuilles holdings au MAROC.

### MANAGEM:

Créé en 1996, MANAGEM est la filiale du groupe ONA chargée de l'industrie minière, elle détient cinq sociétés d'exploitation, une de valorisation et deux sociétés services (Voir Fig1 : l'organigramme de MANAGEM).. Ces sociétés sont organisées autour de deux grands métiers : la mine et l'hydrométallurgie. Pour assurer les performances et le développement de ces deux métiers, MANAGEM s'appuie sur ses entreprises de services spécialisées dans l'exploration, la recherche et le développement, l'ingénierie, les sondages et les travaux miniers. Et grâce à ces efforts, elle a pu réaliser une forte progression du résultat d'exploitation.

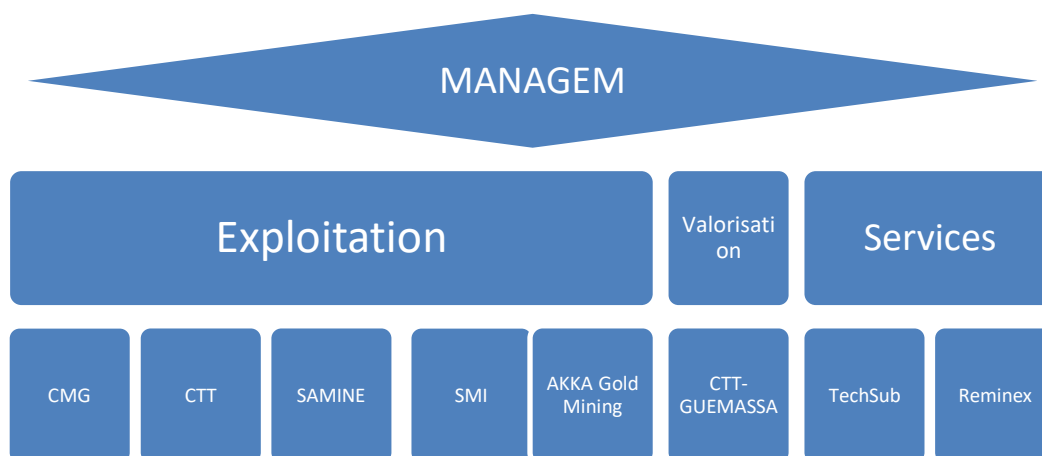


Figure 1 : l'organigramme de MANAGEM



## I.1.Historique

**En 1930**, la région de Guemassa a été le siège plusieurs campagnes géophysiques visant la recherche d'autres gisements, après la découverte de celui de KETTARA.

**En 1968**, dans le cadre de programmes lancés par la direction de la géologie du ministère de l'énergie et des mines, BRPM (Bureau de recherches et de participations minières) et par BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières.), l'anomalie de Hajjar a été détectée (campagne GEOTERREX)

**En 1971**, à la suite de levés magnétiques qui ont parcouru toute la bordure Nord-Ouest Atlasique, on a abouti à une carte aéro-magnétique ayant deux objectifs : hydrogéologique et minier qui se manifeste par la recherche d'amas sulfure. Avec une étude géophysique sur l'ensemble des chapeaux de fer dans le domaine de Guemassa, dans celui des Jbilet et avec une cartographie bien détaillée, la reprise des études géophysiques antérieures a permis la découverte du gisement de Hajjar dans **les années 1980** par la direction de géologie du ministère de l'énergie et des mines, le BRPM

**En 1984** dans le cadre d'une convention entre la direction de la géologie et le BRPM un premier sondage a été implanté en octobre et a recoupé 120m de minerais massifs et une trentaine de minerais fissurés dans des formations volcano-sédimentaires sous 120m de couverture mio-pliocène.

**En 1988**, la Compagnie Minière de Guemassa (CMG) fut créée par le BRPM (30%) et l'ONA (70%) qui en deviendra le principal opérateur plus tard.

**En 1992** débute l'exploitation minière avec une cadence de 2400t /jr qui a augmenté à 4500t/jr en 1996. Dès lors CMG opère efficacement en tant que filiale de l'ONA qui est une entreprise privée qui a été créée en 1919 sous le nom d'Omnium Nord-Africain et qui est active dans l'industrie minière depuis 1928.

**En 1995**, l'ONA a formé MANAGEM pour coordonner les activités minières de groupes.

**En 2010**, l'ONA est fusionnée en SNI.

Dernièrement, la CMG installe une usine pilote pour la valorisation et réalise des travaux :

- De reconnaissance matérialisées par des sondages percutants et carottés
- De recherche hydrographique
- D'étude de faisabilité

## I.2. Situation géographique

Le gisement polymétallique de Hajjar se situe à 35km au Sud-ouest de Marrakech (figure2), 800 à 820m de dimension, l'accès est assuré grâce à la route secondaire n°507 reliant Marrakech et Amizmiz. Le secteur des Guemassa est caractérisé par un climat chaud en été et sec en hiver, comme la plupart des régions de la plaine du Haouz.

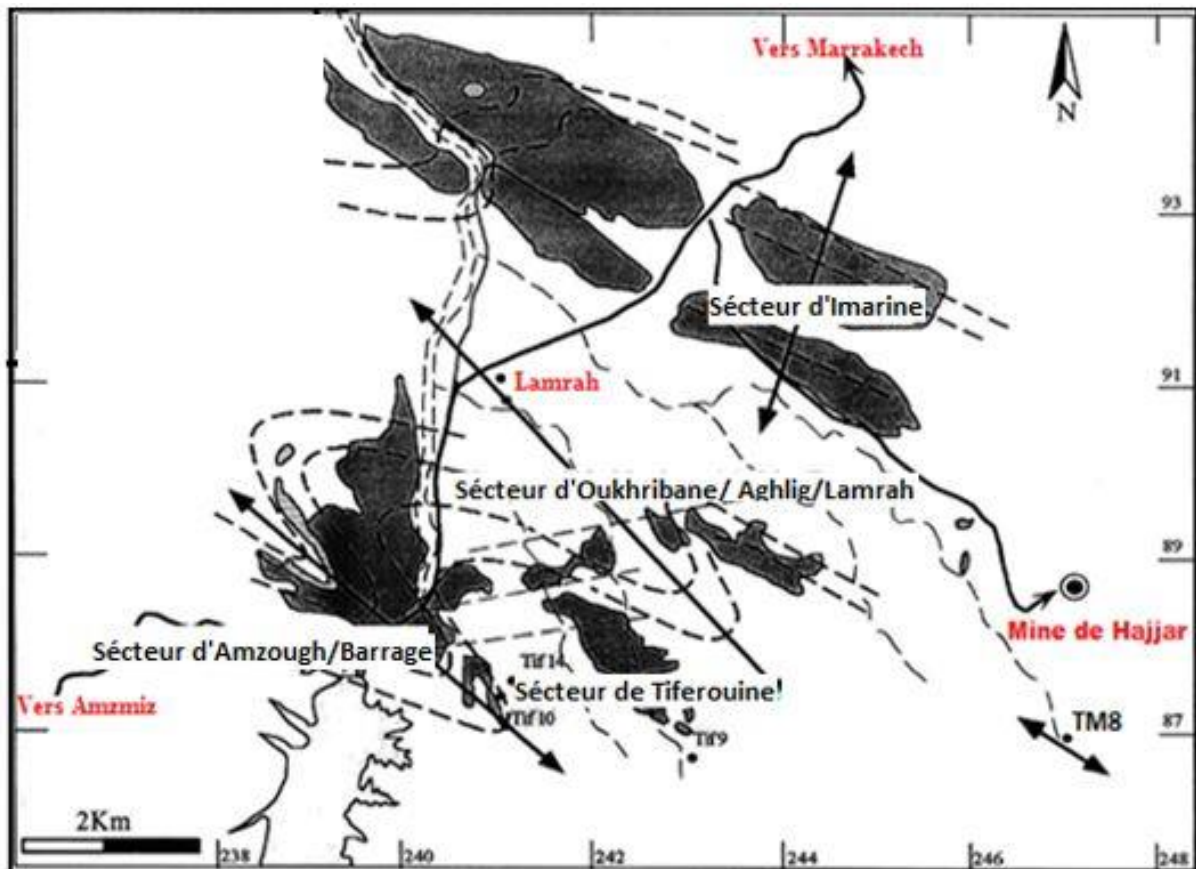


Figure 2: Situation Carte de situation géographique de la région des Guemassa (document interne CMG)

## II. CHAP1 :Cadre géologique

### II.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 (2000 Ma). 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 Rhamna 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

## II.2. Cadre local

Le gisement de Hajjar est situé dans le massif paléozoïque des Guemassa (voir Figure 3). 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 Rhamna. (Pfe El arbaoui-Tolob)

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 (ROCH, 1950). Deux domaines y sont distingués:

**-le domaine des 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 (MAÏER & al. 1986 ; GROS & al. 1986).

**-le domaine des 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 & al, 1986).

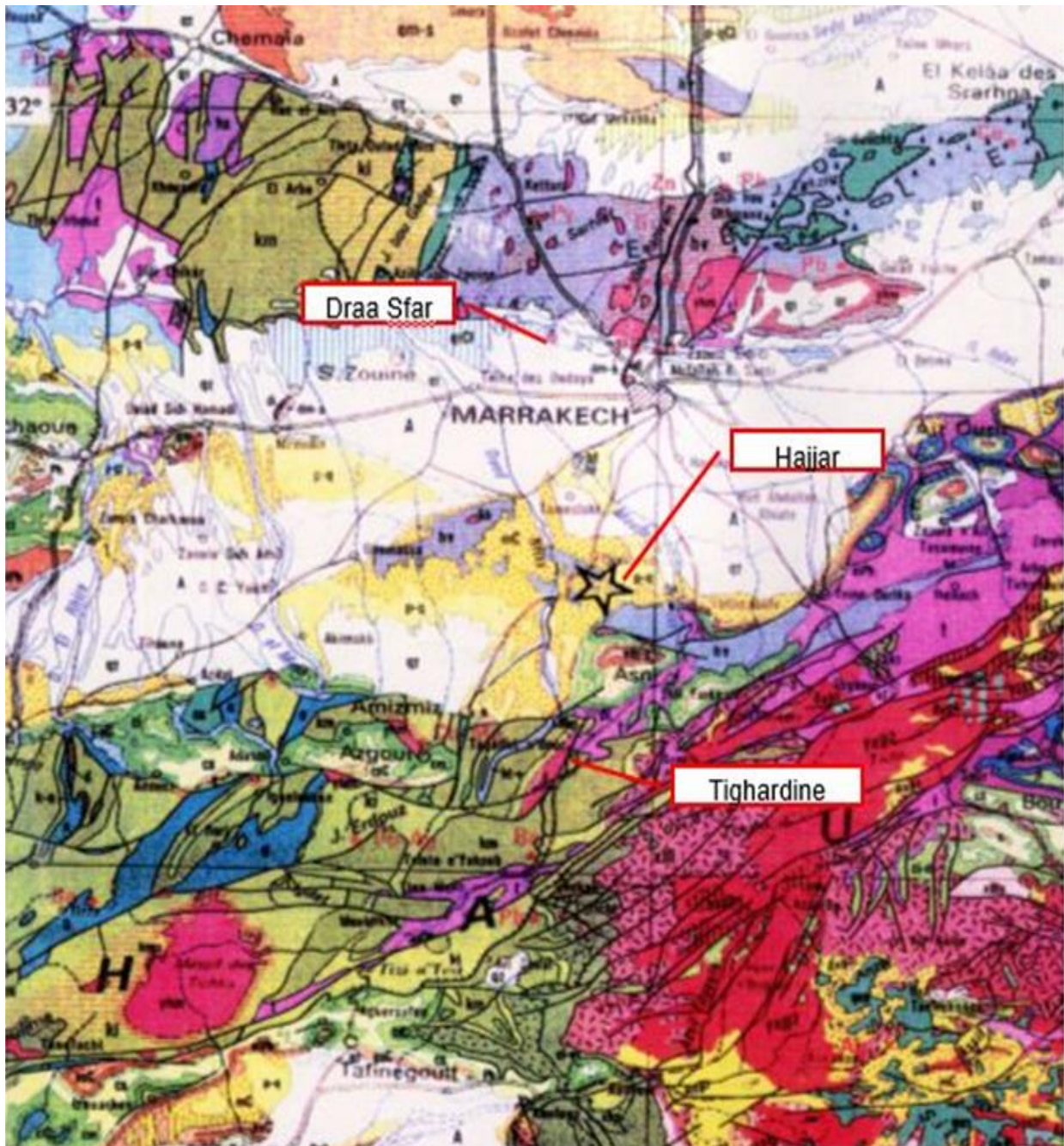


Figure 3 :Localisation de la mine de Hajjar.

### *III.CHAP2 : Présentation du gisement polymétallique de Hajjar*

#### **a. 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.(voir Figure 4)

#### **b. 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 chalcopryrite 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 riches en sulfures lités, disséminés ou remplissant des fractures tardives. Elle montra 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 sont encaissant, ou on observe un litage sédimentaire matérialisé par des lits siliceux riche en sulfures (sphalérite, galène, chalcopryrite et Arsénopyrite).

#### **c .La Succession paragénétique :**

Hibti (2001) distingue trois stades minéralisateurs : Un stade précoce avec une succession paragénique traduisant un phénomène de syncristallisation 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.

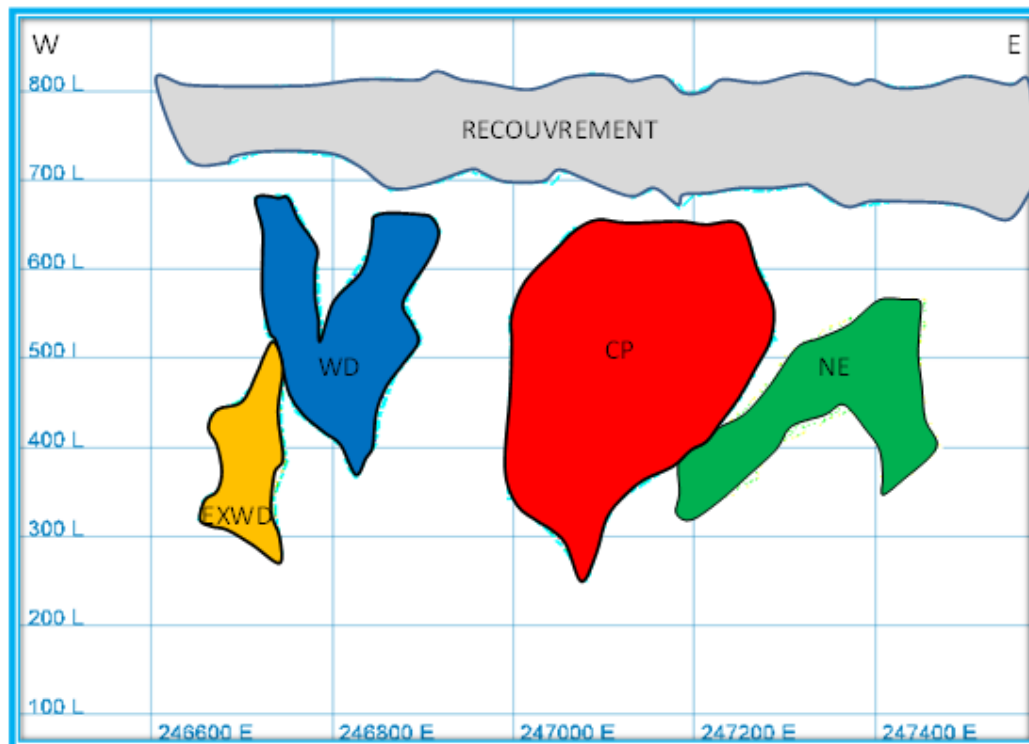


Figure 4: Morphologie du gisement de HAJJAR (document interne CMG)

### III.1. Structuration

Le massif de Guemassa a connu plusieurs travaux d'ordre structural (Gros et al, 1983,1986 ; Soulaïmini, 1991 ; Hibti, 1993 ; Raqiq, 1997), ayant permis la définition de trois phases de déformations:

- **Phase distensive**, associée à la formation des bassins dévono-carbonifères, matérialisée par la présence de failles normales de direction subméridienne (NS à NE-SW). Les slumps et les flexures donnent à cette phase un caractère synsédimentaire.

- **Phase de serrage** post viséenne, 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.

### III.2. Métamorphisme

Le métamorphisme accompagnant la déformation est de type épizonal (Soulaïmani, 1991 ; Hibti, 1993 ; Haimeur 1997), avec une paragenèse de faible température 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), ainsi que des taches de métamorphisme (Hibti, 1993).

### III.3. Volcanisme

La mise en place de la minéralisation de la mine de HAJAR 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) (Pfe Hankach-Ait rahou 2011).

### III.4. Lithostratigraphie

Le gisement de Hajjar, se caractérise par un environnement lithostratigraphique qui passe depuis une partie basale jusqu'à une autre partie sommitale, tout en passant par une unité médiane formée essentiellement par le corps minéralisé. (figure 5)



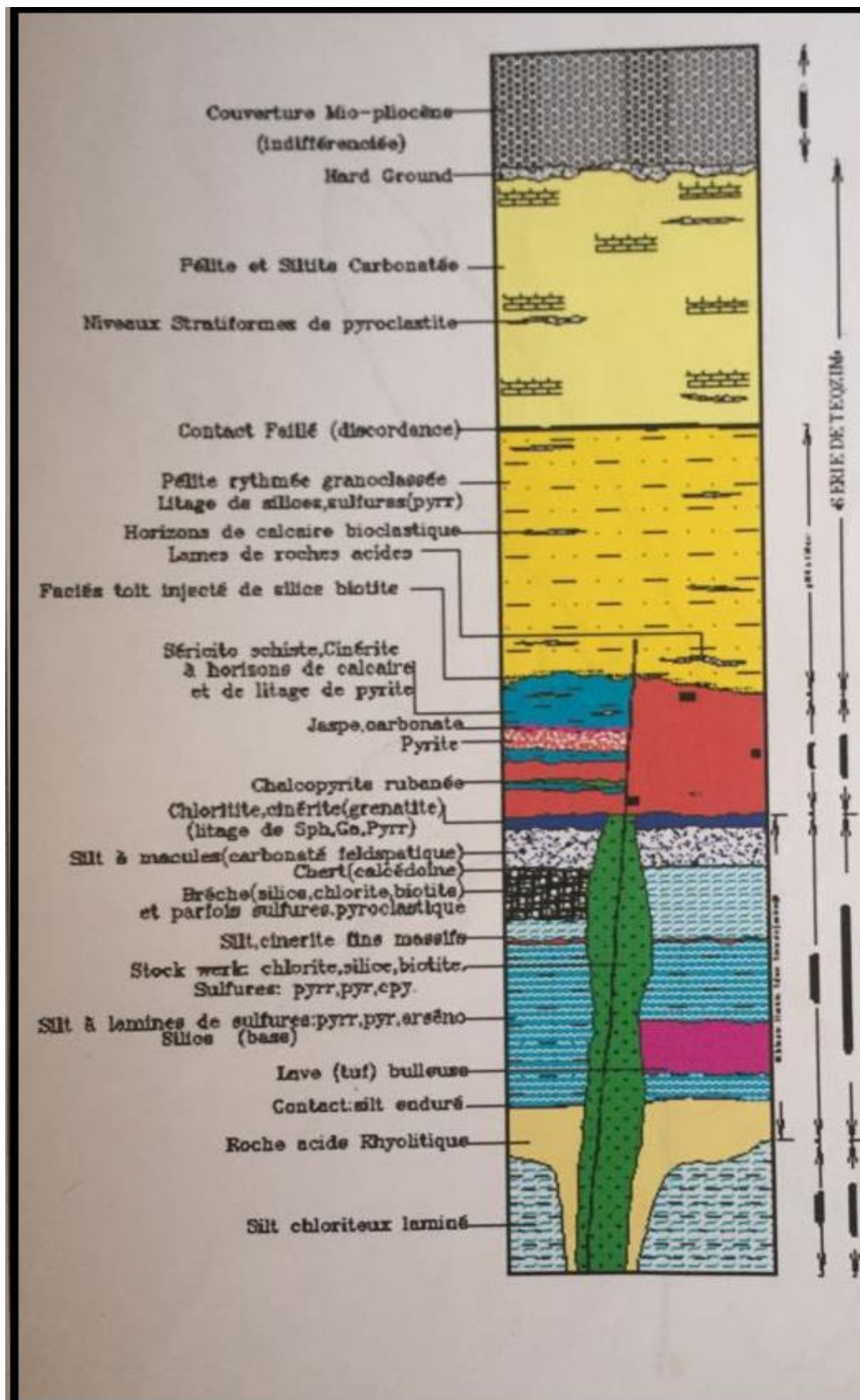


Figure 5 : Log synthétique de Hajjar (document interne CMG)

**-Unité basale** : caractérisée par l'association de tufs et tuffites avec des manifestations Volcaniques, elle peut atteindre jusqu'au 400 m d'épaisseur. On distingue, du bas en haut (Hibti, 1993) :

- Silts chloriteux laminé;
- Laves rhyolitiques ;
- Laves bulleuses ;
- Silts fins à lamines de sulfures ;
- brèches volcaniques ;
- Horizon sommital formé de chloritite, cinérite (grenatite).

L'ensemble des horizons montre des variations latérales assez importantes. Ceci serait en relation avec les formes lenticulaires de ces horizons.

**-Unité médiane** : Elle surmonte l'unité basale sous forme d'un corps minéralisé concordant, est d'une épaisseur variable entre 20 et 100 m. Il s'agit d'un amas massif riche en lambeaux d'encaissant sédimentaire et/ou volcanique dont les dimensions sont variables (centimétriques à pluri métriques). Latéralement la minéralisation disparaît et l'unité basale passe verticalement à l'unité sommitale.

Cette minéralisation sulfurée repose, au niveau des partie centrale, sur une zone bréchique de puissance et d'extension métrique (50 /30m environ) constituant ainsi la zone du stockwerk. Latéralement apparaissent des sédiments de nature pelitique (chlorite, biotite), soulignant généralement la base de la minéralisation sulfurée.

Minéralogiquement elles sont constituées essentiellement de pyrrhotite, laquelle est accompagnée selon leur ordre de décroissance de : sphalérite, galène, chalcopryrite, pyrite, et arsénopyrite. Cette minéralisation repose sur une cheminée, appelée stockwerk, qui avait le rôle de fournisseur de l'amas en éléments métalliques.

Les minéraux du toit et du mur du gisement ont les caractéristiques spécifiques suivantes :

- Le toit est caractérisé par la présence de l'arsénopyrite et la marcassite ;
- Le mur renferme des sédiments de nature pelitique (quartz, chlorite et biotite).

L'amas présente la puissance maximale dans sa partie centro-orientale, alors que dans la partie occidentale, on note l'intercalation de trois niveaux du corps minéralisé de puissance métrique par des sédiments altérés.

**-Unité sommitale** : représente le toit de la minéralisation avec une puissance d'environ 200m. Elle est principalement constituée de dépôts silto-gréseux correspondant à un épisode de sédimentation détritique avec des intercalations de lentille calcaire.

### III.5. Altérations Hydrothermales

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 sulfurée et dans les zones de stockwork et une séricitisation dans le toit de l'amas (Hibti, 1993,2001).(Figure 6)

**-Le mur de l'amas** : (zone de stockwork) dans cette zone l'altération hydrothermal 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 (chloritisation), biotite (biotisation), 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 détritique (grés-pélites) du toit de la minéralisation.

Des terminaisons orientales et occidentales de l'amas, où l'altération reste relativement faible, ces terminaisons sont caractérisées par une paragenèse à séricite-quartz-chlorite.

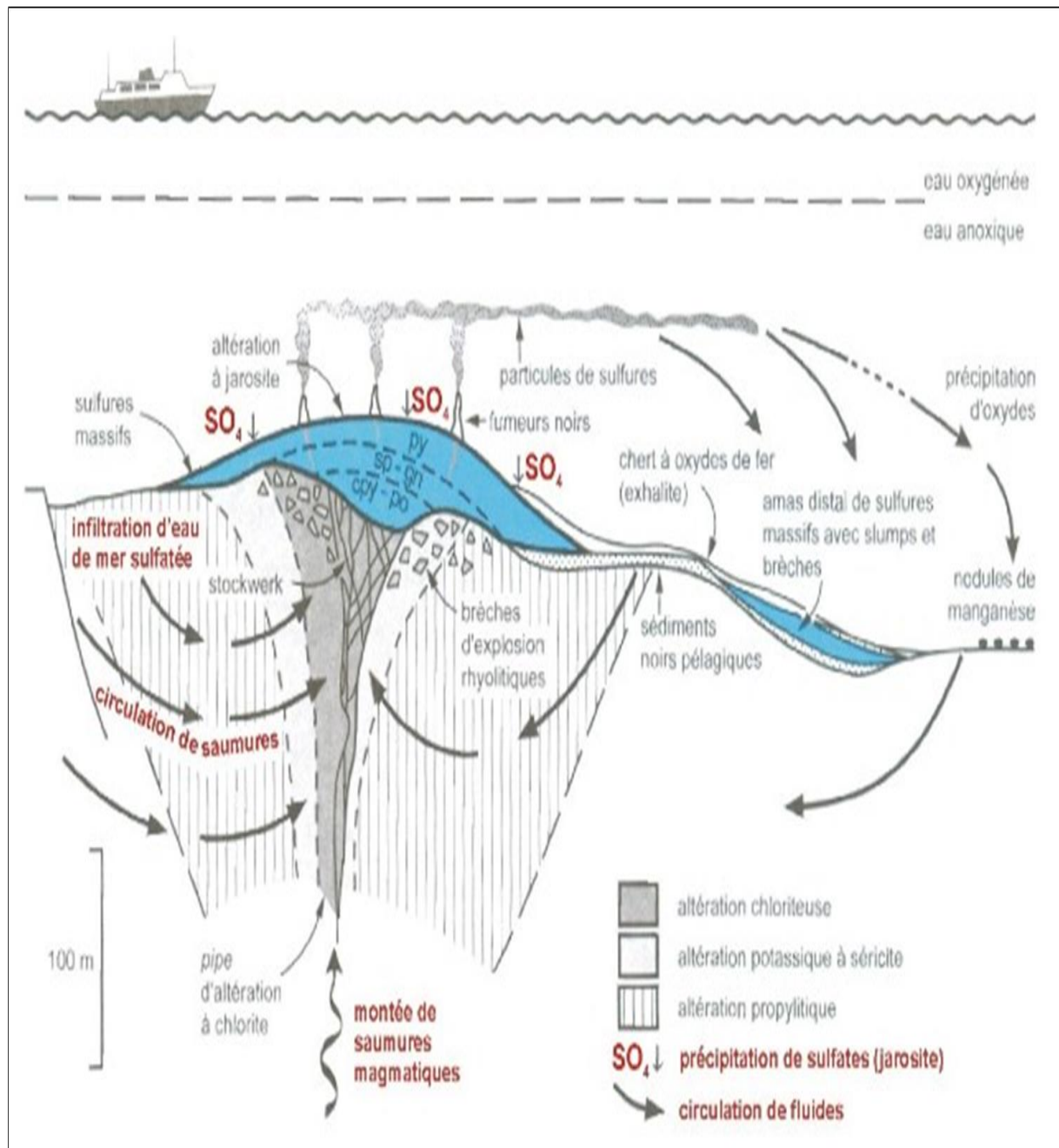


Figure 6 : Zonalités des altérations hydrothermales des gisements de type VMS

### III.6. 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 Gue-massa (Hibti, 2001) qui se déroule en trois stades:

**-Stade 1** : La formation du bassin qui contient l'amas de Hajjar est liée 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 synsédimentaires.

**-Stade 2** : phase syn-cinématique : à l'échelle du bassin Mésétien, la compression hercynienne majeure (NW-SE) a provoqué un rejeu des structures synsédimentaires en failles inverses décrochantes (senestres et dextres) et le fonctionnement de zones de cisaillement ductile. Ce rejeu a engendré des bas-culements 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 traces de sphalérite et galène).

## *IV.Chap3. Méthodologie de travail*

### **IV .1. Objectif de l'étude**

Dans le présent travail, l'objectif principal est de mener une étude macroscopique et microscopique de la partie sud-est du corps principale, afin de déterminer l'existence ou pas d'une évolution de la minéralisation vers les niveaux avals

### **IV.2. Méthodologie de travail**

La réalisation de ce travail a impliqué des travaux sur le terrain qui consisté une étude lithostratigraphique et structurale, pétrographique et métallographique.

**-L'étude lithologique** : l'étude macroscopique des sondages FGC -172, 173, 175, 176, 177,178 en vue d'établir les logs stratigraphiques.

**-L'étude structurale** : un levé détaillé (stratification, schistosité, failles).

**-L'étude pétrographiques et l'étude métallographique** : la préparation des lames minces polis.

En fin la compilation des différents types de données acquises, sous forme de coupes et une vue sur plans.

## *V.Chap4 . Etude lithologique*

### **V.1. Introduction**

On a fait une étude macroscopique et microscopique des différents échantillons après une première vue sur les différents facies du niveau 400 sud-est du corps principal (figure 7). Ces études étaient basés sur les enchantions de Sandage, et avaient comme but la détermination des paragenèses minérales des différent facies, les type d'altération associées, les phases métalliques et leurs relation avec l'encaissant.

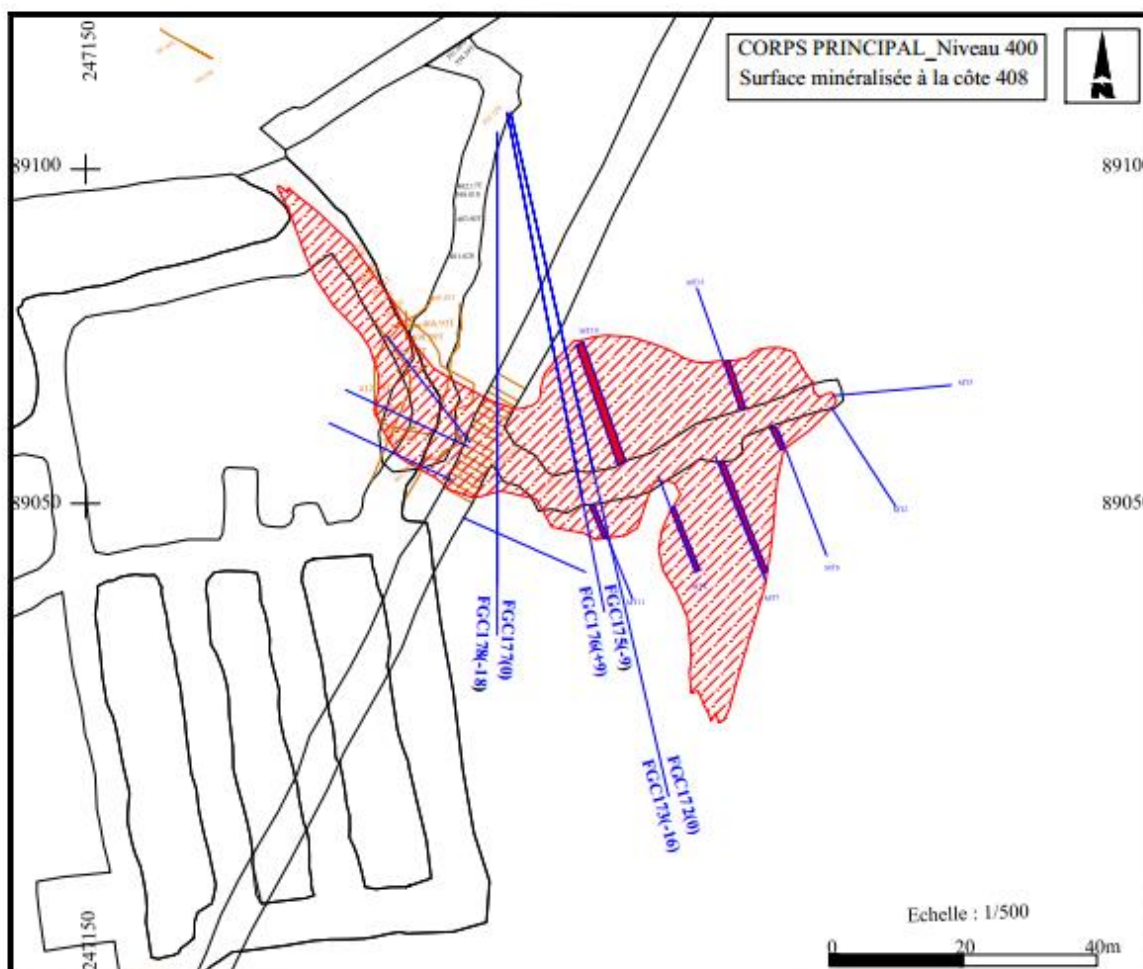
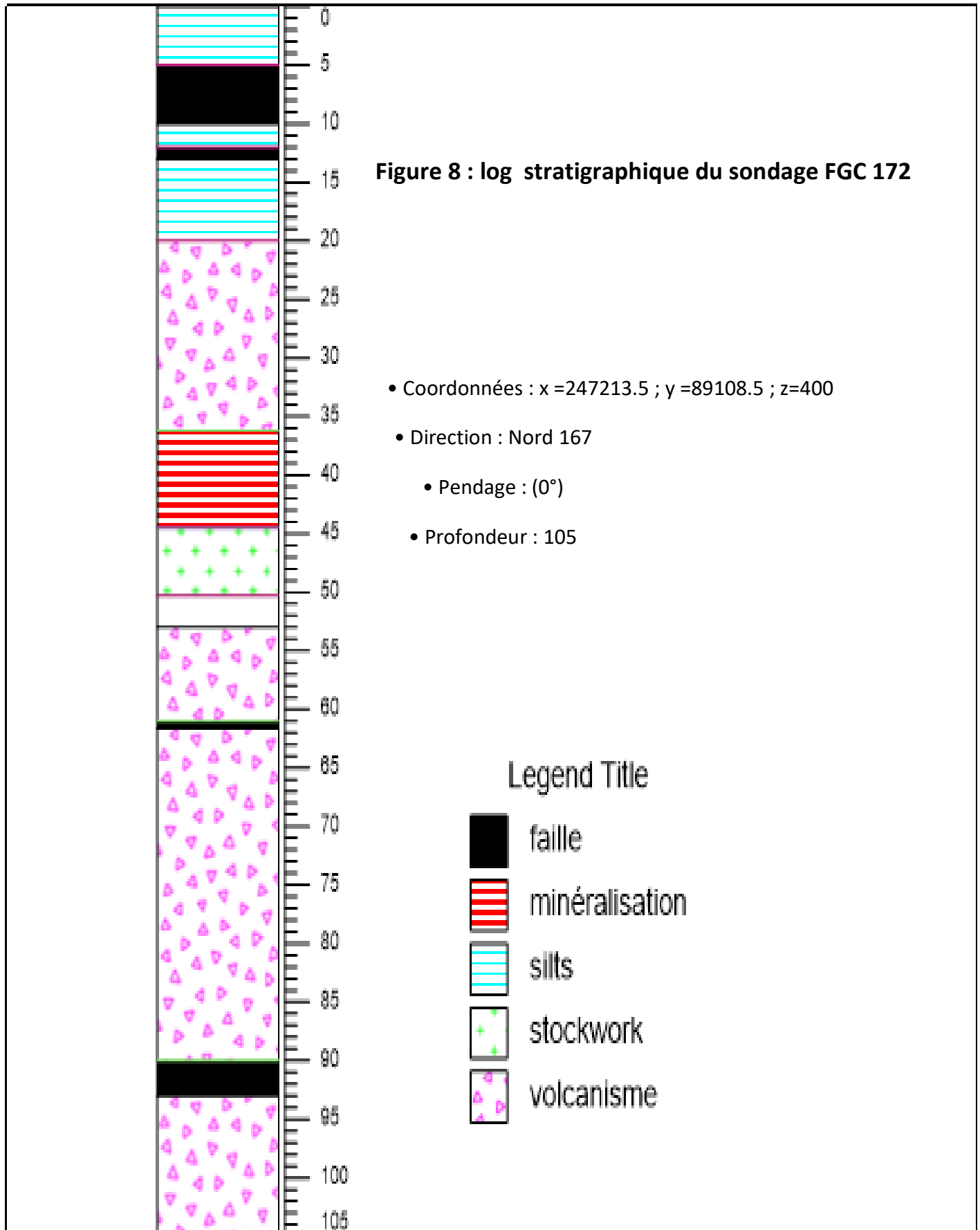


Figure 7 : Plan de situation des sondages étudiés (document interne CMG)

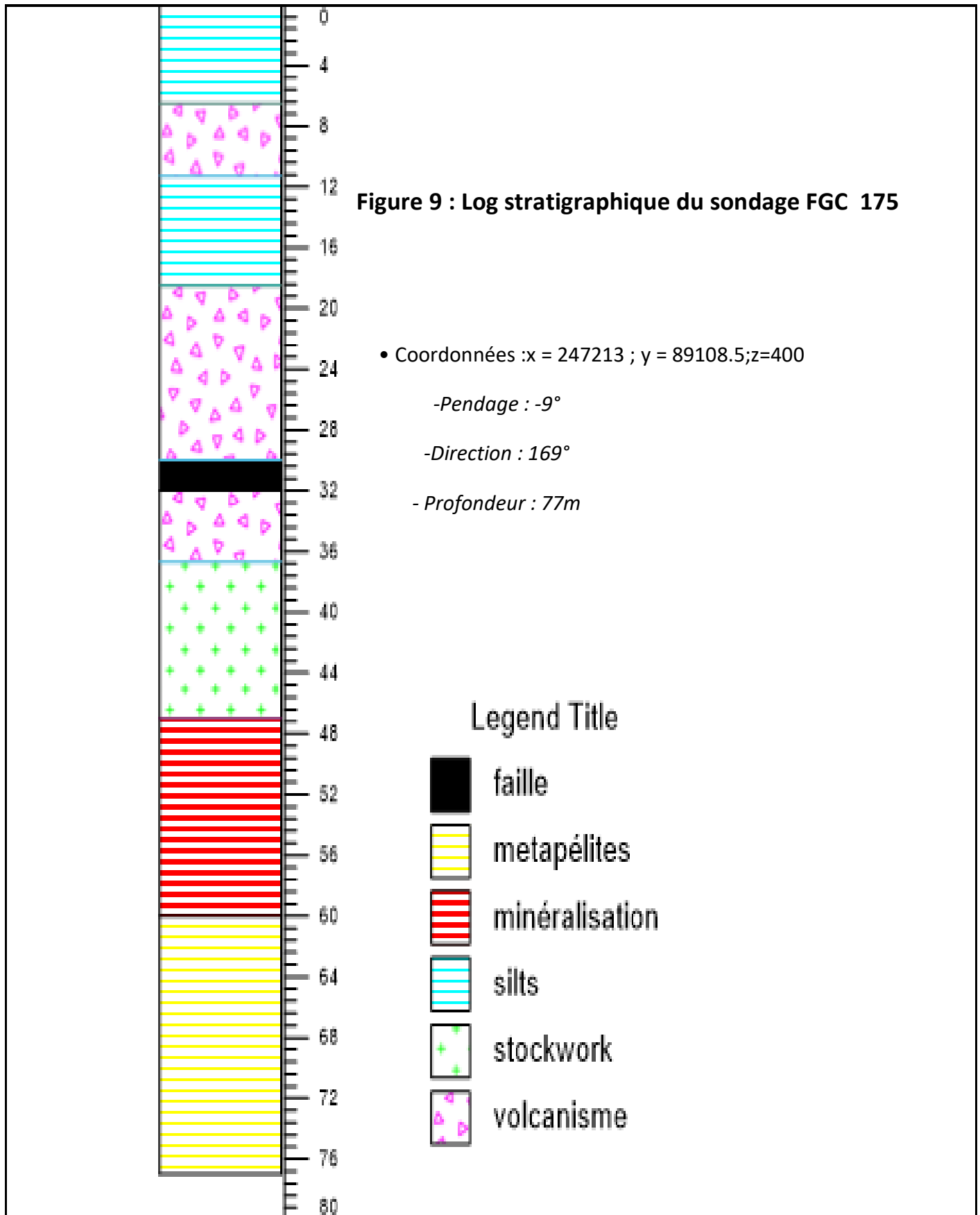
## V.2. Description des sondages carottés sous formes de logs lithologiques

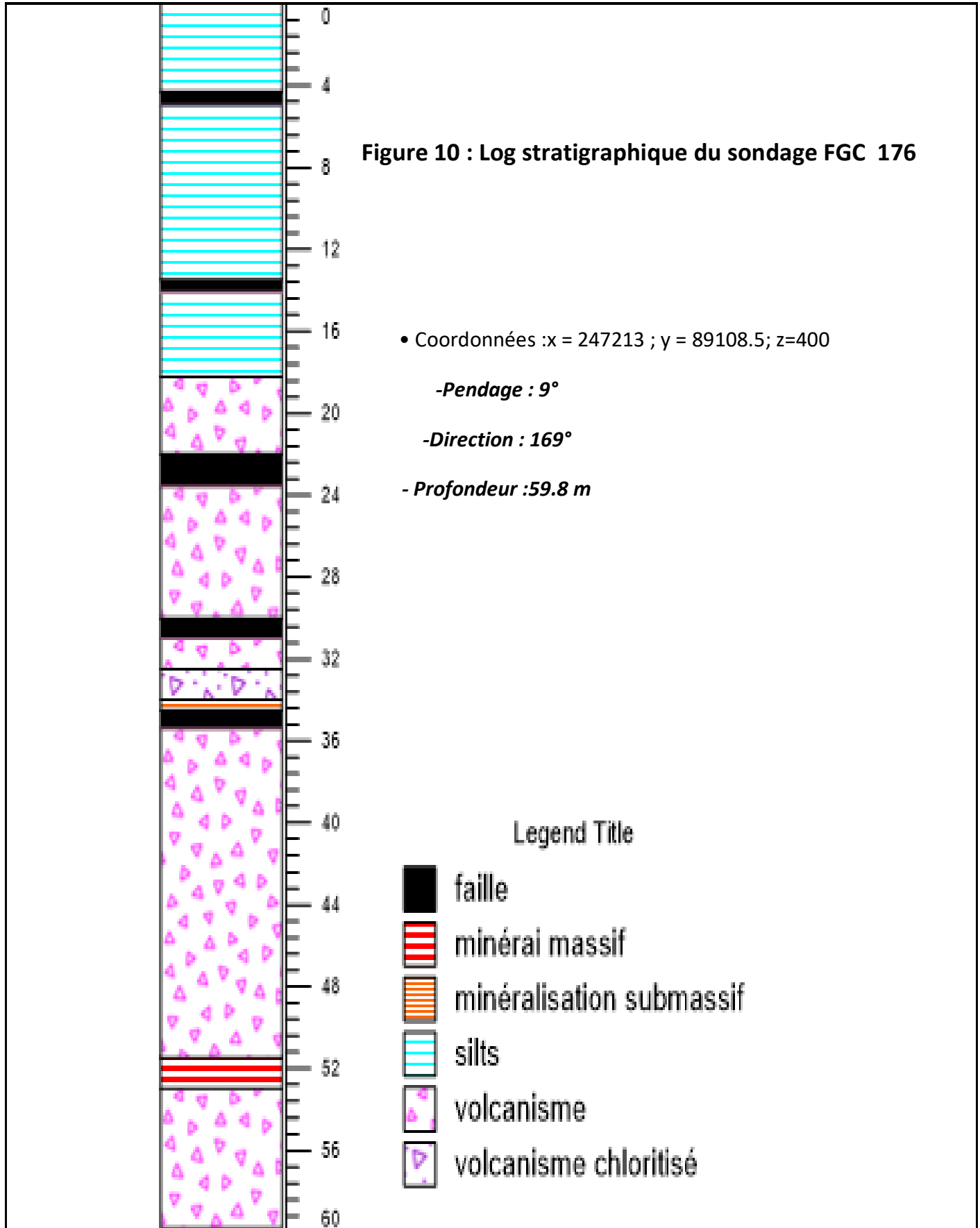
L'observation macroscopique des carottes de ces sondages montre :

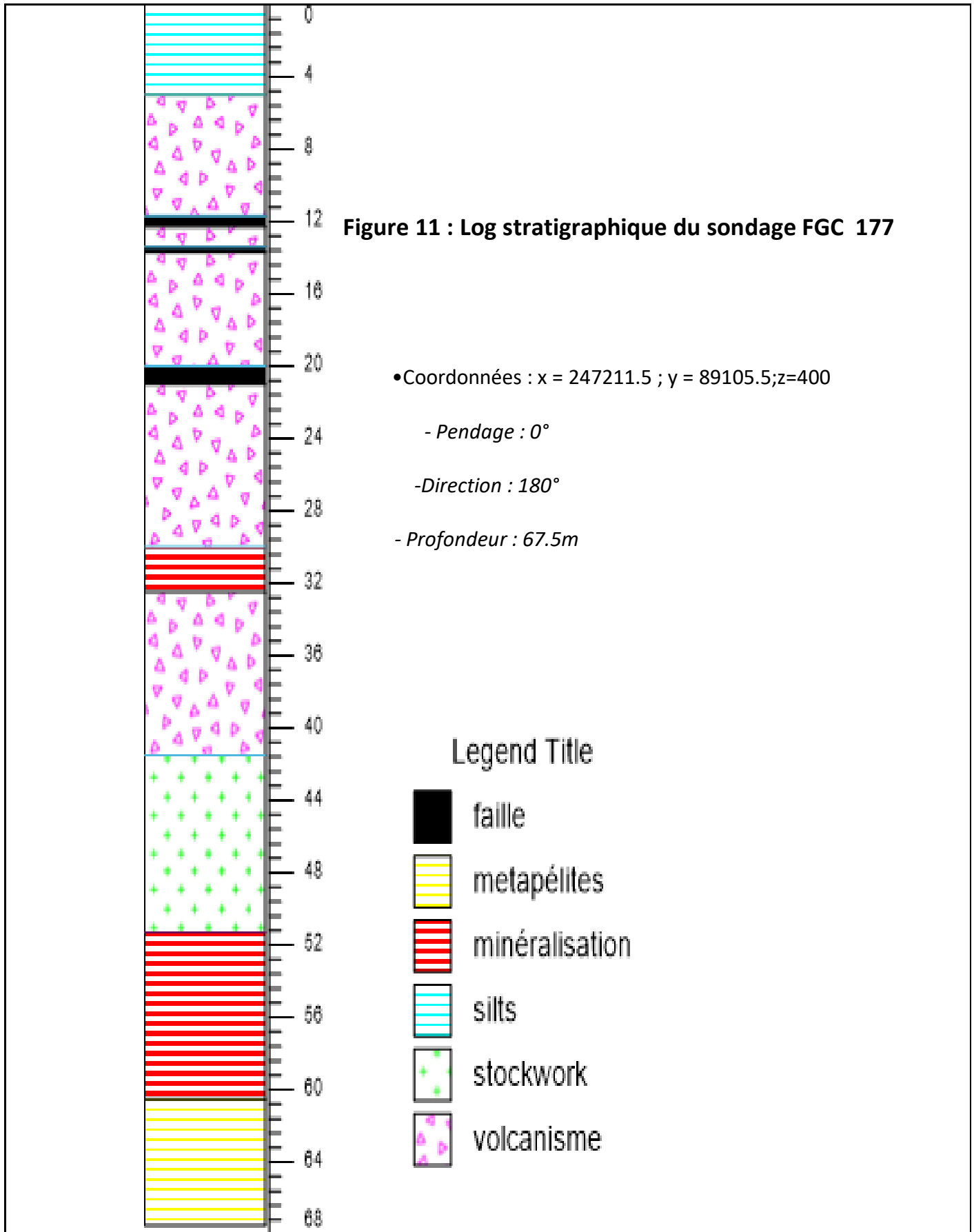
- une succession de trois facies : Silts - Tufs volcanique – Métapéllites.
- Des minéralisations massifs, sub-massifs ou sous forme de stock-werk. Ces minéralisations s'agit surtout de : Pyrrhotite, Sphalérite, Galène, Chalcopryrite, Pyrite, Arsénopyrite et la Marcassite.
- Des structures telles que la stratification, la schistosité et les failles.
- Des altérations : chloritisation – silification - biotitisation...

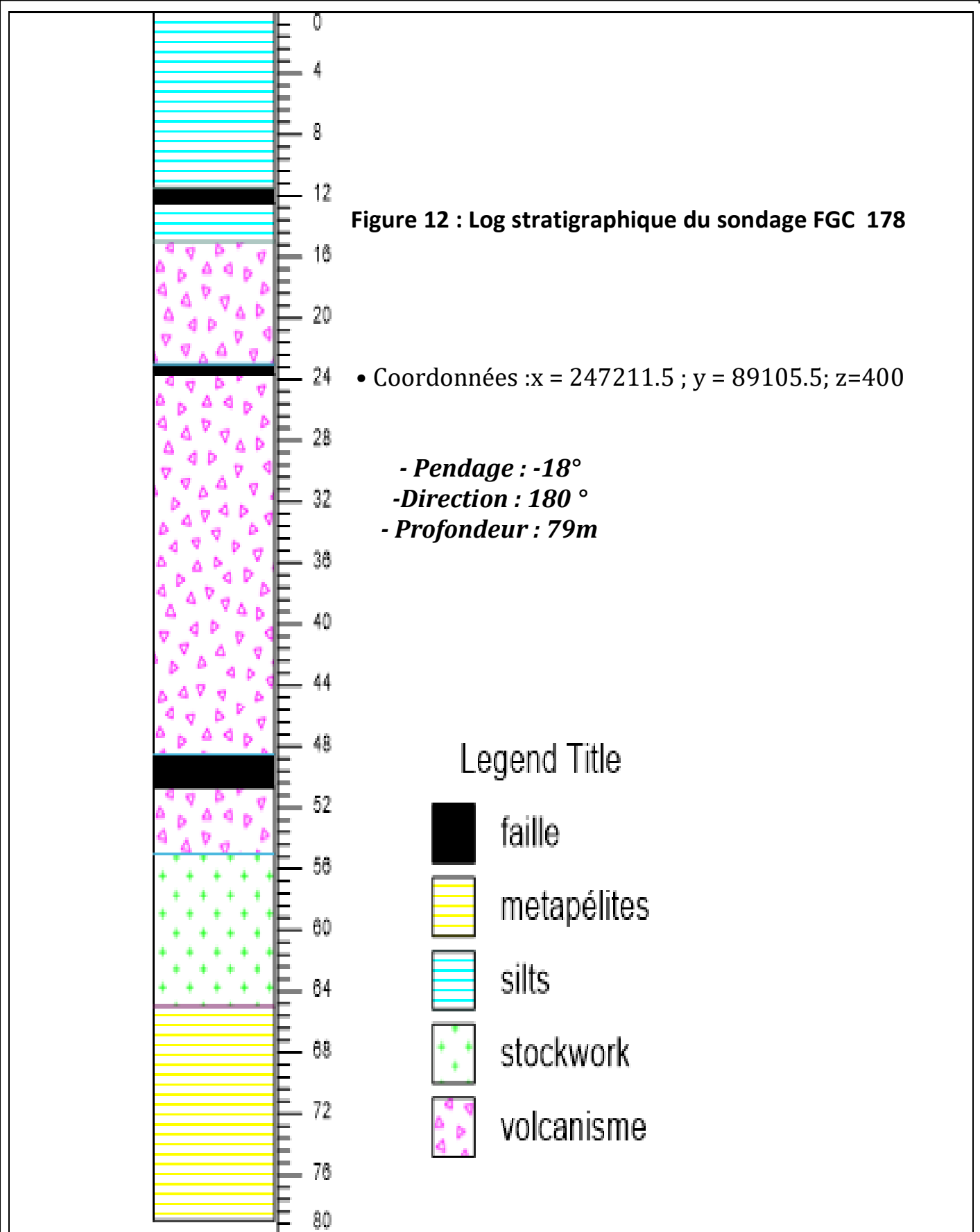












### V.3 Coupes et interprétations

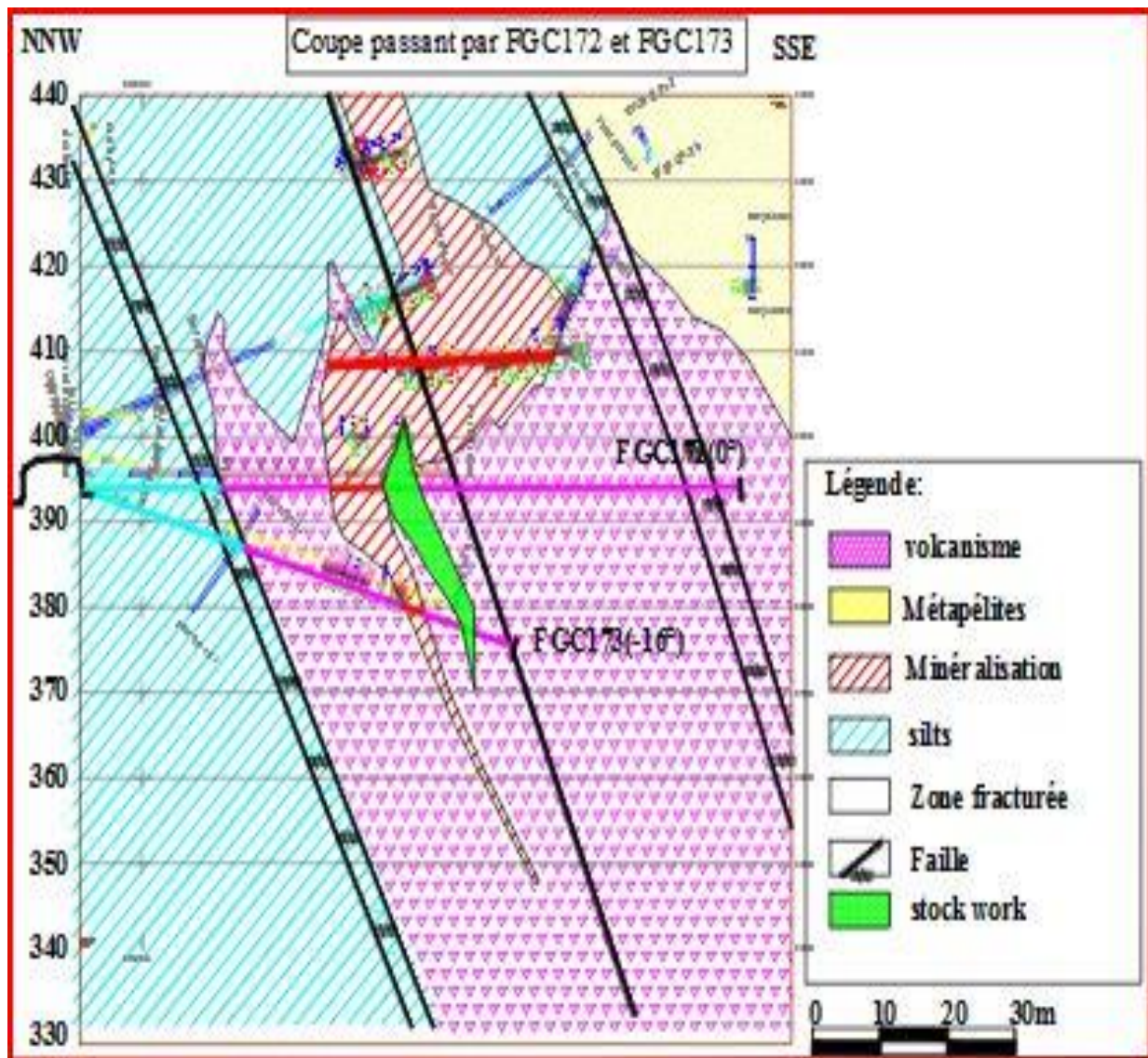


Figure 13 : coupe des sondages FGC-172 et FGC-173 montrant les différents faciès ainsi que la localisation de la minéralisation

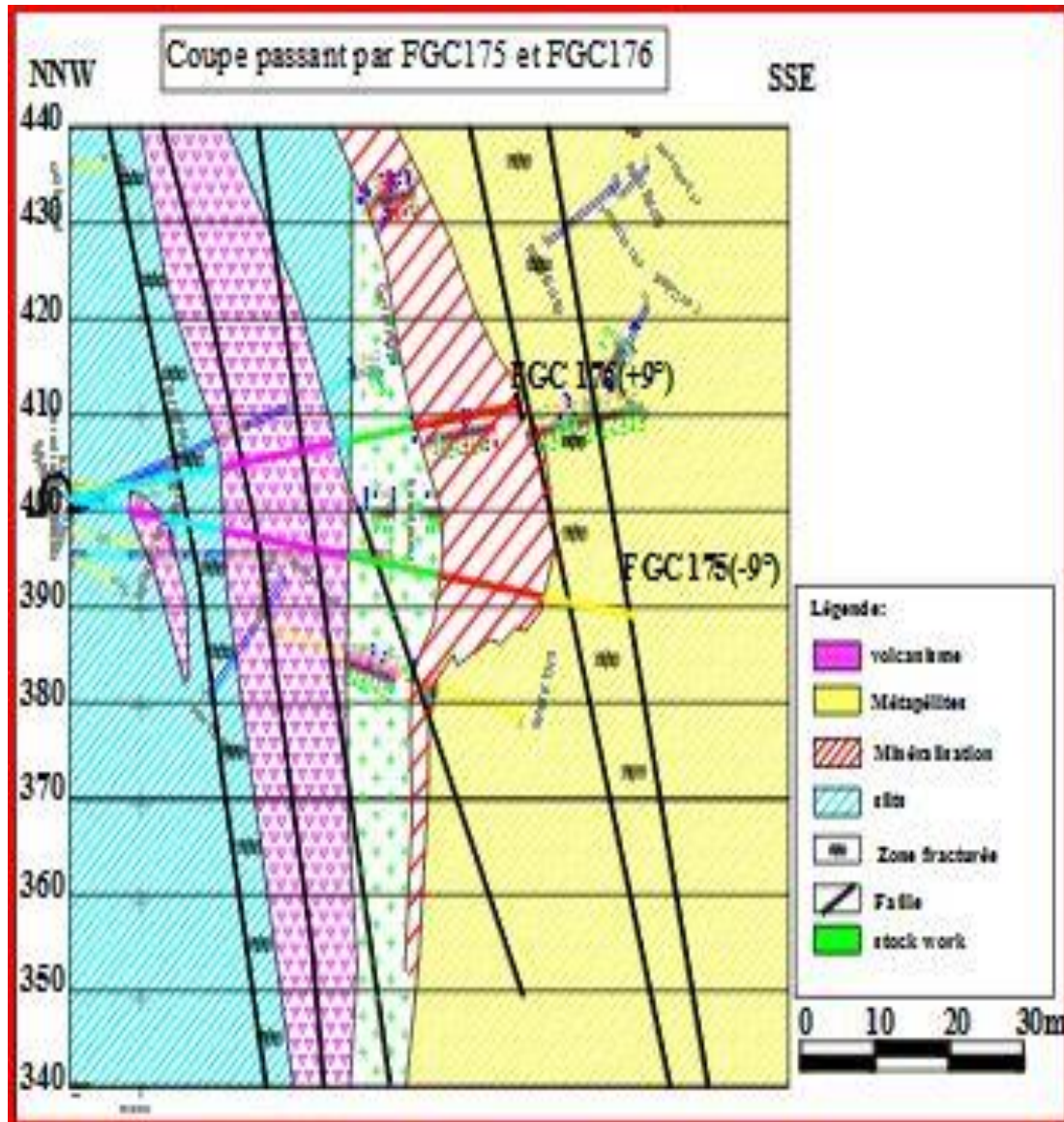


Figure 14 : coupe des sondages FGC-175 et FGC-176 montrant les différents faciès ainsi que la localisation de la minéralisation

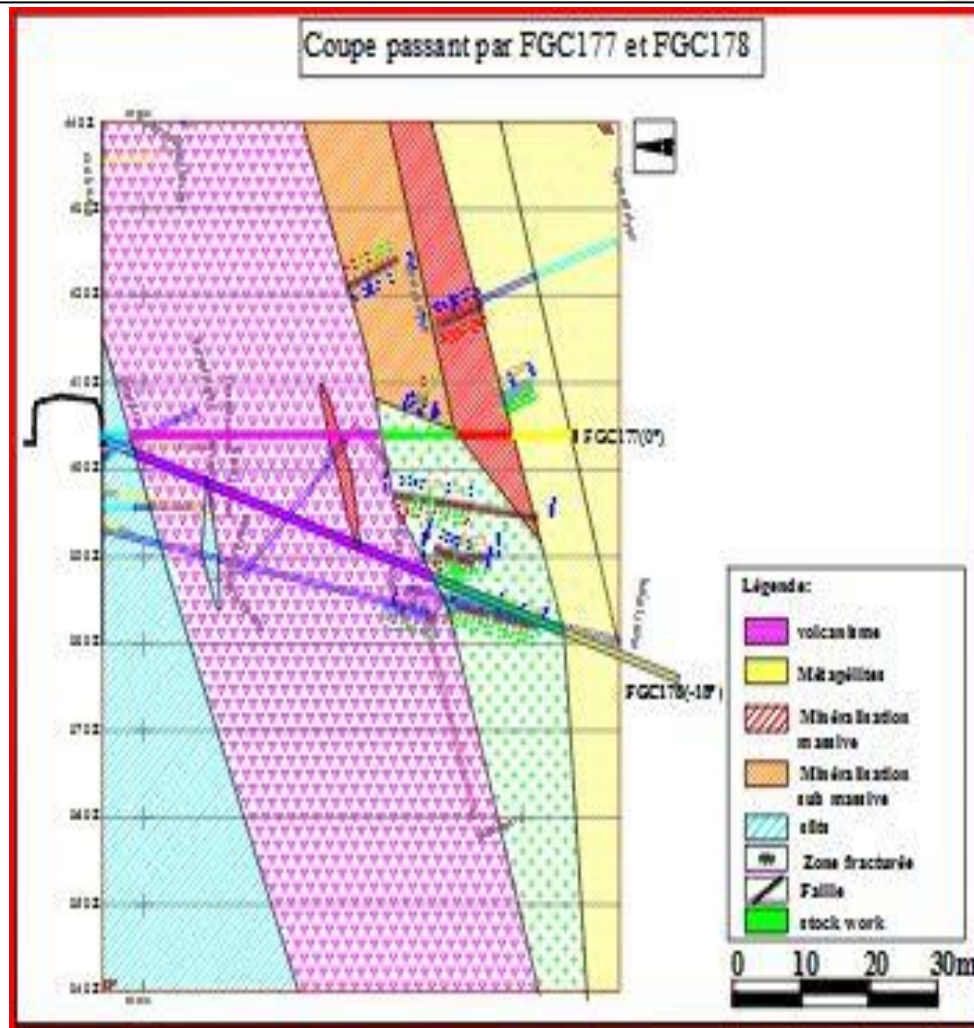


Figure 15 : coupe des sondages FGC-177 et FGC-178 montrant les différents faciès ainsi que la localisation de la minéralisation

Les 3 coupes qui schématisent les sondages effectués montrent la succession des trois faciès principaux, Ces faciès rappellent ceux décrits dans les principales formations connues dans le gisement de Hajjar. On remarque que les minéralisations sont sous forme de lentilles minéralisées, sub-verticales et encaissées principalement dans les faciès tuffacés lités. Remarquable également est la direction des failles (NE-SW), ces derniers « Encadre » et « limite » la minéralisation.

## *VI .CHAP5. Etude pétrographique, Métallographique et Altérations hydrothermales.*

### **VI .1 Etude pétrographique**

L'Objectif de cette étude est de déterminer la texture des différents facies  
Les facies rencontrés sont : Silts - Tufs volcanique – Méta pélites.

#### **VI.1.a. Méta pelite**

##### **Description macroscopique**

De couleur noire sur patine et grise sur cassure fraîche, à grains fins, souvent chloritisé.  
Dans ces pélites on note la présence de figures sédimentaires de type « slumps »



Photo 1 : Pélites gréseuses à récurrences carbonatées



## Description microscopique

Faciès gréseux-pelitique à gréseux formé par une matrice fine à quartz primaire et des cristaux de biotites plus au moins chloritisées.

Au contact des carbonates, on note une forte biotitisation.

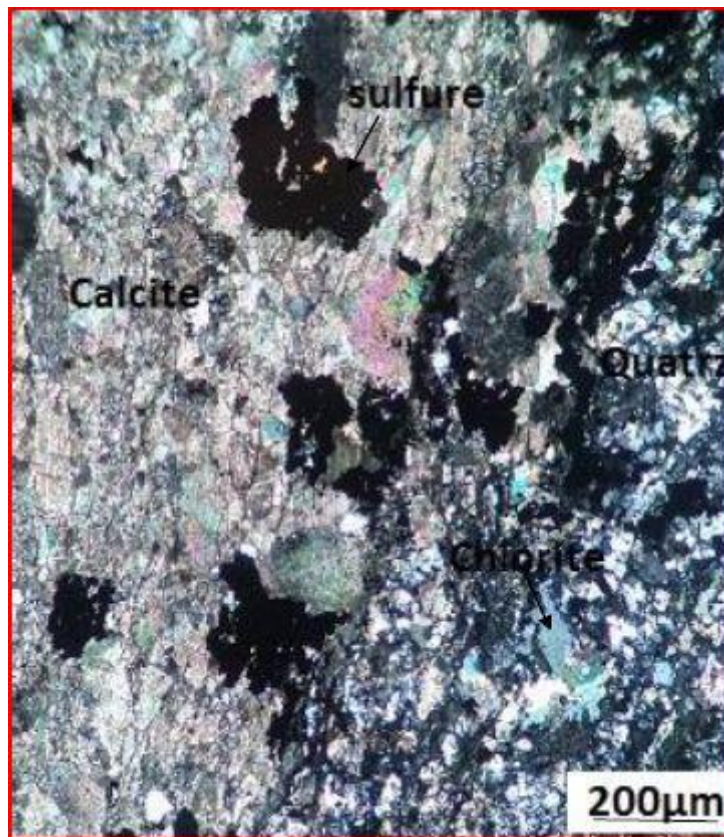


Photo 2 : Aspect microscopique des pélites-gréseuses carbonatés (L.P)

### VI.1 .b. Silts

#### Description macroscopique

Faciès de couleur verdâtre à grains très fins, affecté par une importante fracturation

#### Description microscopique

Faciès formé par une matrice fine à quartz primaire et biotite. On note la présence de quartz secondaire associé à la minéralisation. Ces silts sont affectés par une séricitisation, biotitisation et une forte chloritisation qui est la transformation de la biotite primaire, sous l'effet de l'altération hydrothermale. Cette dernière est généralement localisée au contact des veines et fractures à remplissage carbonaté

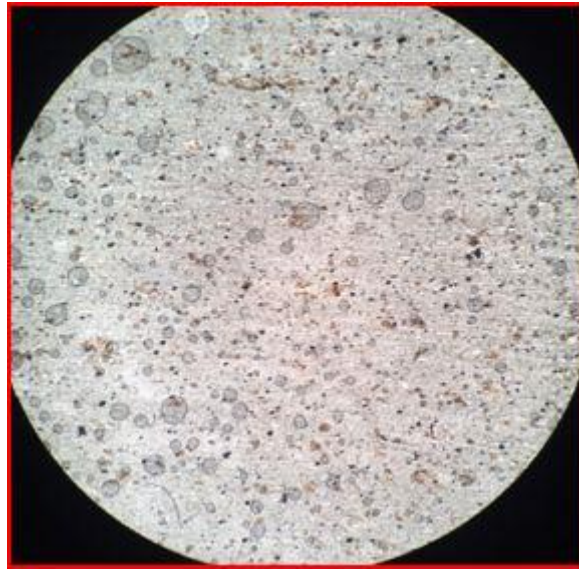


Photo 3 : Silt sous grossissement x10

### VI.1.c . Laves à bulles ou tufs volcaniques.

#### Description macroscopique

Avec un remplissage siliceux qui donne une teinte claire au faciès et la présence de la pyrrhotite disséminée.



Photo 4 : Veines à quartz minéralisée observée dans des tufs volcanique.

### Description microscopique

Faciès volcanique microcristallin qui comprend une texture microlithique avec des cristaux de quartz, biotites et microlites de plagioclases et des veines silicifiées remplies par des sulfures entourés par des cristaux de biotites plus au moins chloritisés.

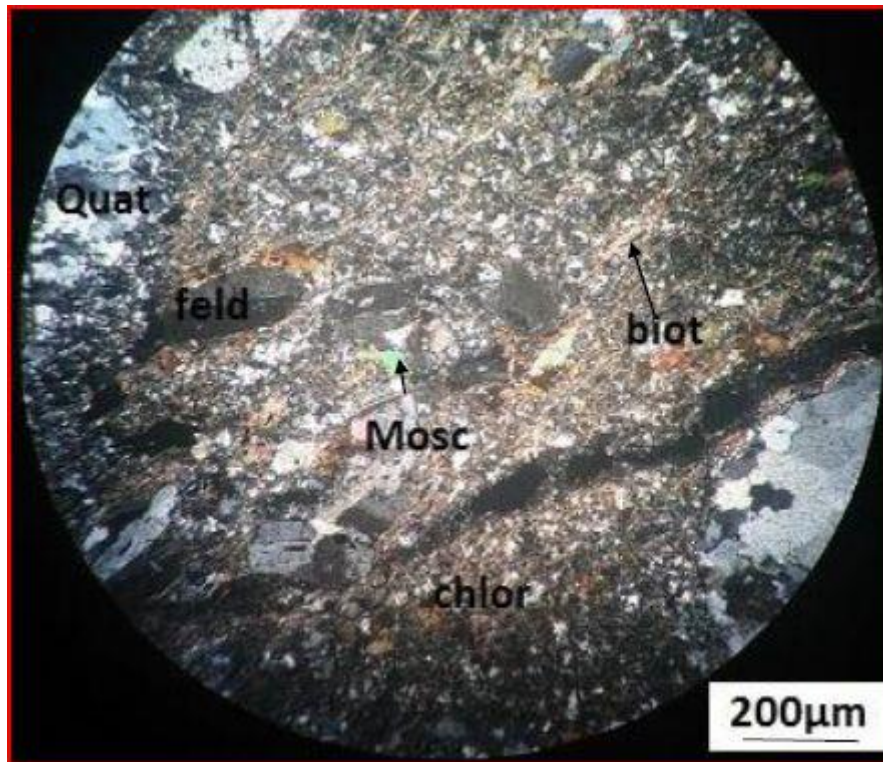


Photo 5: Aspect microscopique des tufs volcaniques (L.P).

## VI.2. Etude Métallographique

### VI .2.a Minéralisations de l'amas

- La **pyrrhotite** : Ce composant principal des sulfures du gisement de Hajjar représente environ 75 à 95% du minerai exploité (NAIMEUR, 1988). La pyrrhotite montre souvent une structure orientée, marquée par l'allongement des grains.

- **La sphalérite** : La sphalérite représente le sulfure le plus abondant dans le gisement de Hajjar après la pyrrhotite, et elle se présente :

1. En amas millimétriques riches en inclusions de galène.
2. En cordons micrométrique ( $< 200\mu$ ) à l'intérieur des cristaux de pyrrhotite et chalcopryrite.
3. En fines inclusions ( $20 \mu$ ) au sein de la pyrite, rappelant ainsi les textures concrétionnées.

La forme secondaire de la sphalérite est peu fréquente dans le minerai massif. Il s'agit de plages dont la taille peut atteindre  $200 \mu$ , généralement associées à la sphalérite primaire.

- **La galène** : Dans la majorité des cas, on trouve la galène en état d'association avec la sphalérite ; ses limites sont rectilignes, parfois tordues. Les macles sont souvent présentes et sont généralement tordues. La galène se présente :

1. En traînées interstitielles au sein des cristaux de pyrrhotite.
2. En agrégats associés à la sphalérite ou en cordons à l'intérieur de celle-ci.
3. Rarement en fines intrusions au sein de la chalcopryrite.

- **La chalcopryrite**: Elle se présente, le plus souvent, en inclusions dans les autres espèces minérales. La chalcopryrite est moins abondante que la pyrrhotite et la sphalérite, mais elle est présente dans tous les types de minerai (rubané, lité et remobilisé).

La chalcopryrite est présente dans le gisement soit sous forme de traînées millimétriques, soit en mouches micrométriques réparties irrégulièrement dans la pyrrhotite, soit sous forme de lits parfaitement concordants avec le litage stratigraphique ou, tout simplement, en produit de remplissage de certaines fractures tardives.

- **La pyrite**: Comme la pyrrhotite, la pyrite est présente partout dans le gisement ; mais elle se trouve en abondance au niveau de la partie occidentale du corps principal, et en particulier au niveau de la partie médiane de la minéralisation (niveau 520).

Deux types de pyrite peuvent être distingués au niveau du protore :

1. Une pyrite primaire, dont la taille ne dépasse pas  $200\mu$ , généralement en inclusion dans les autres phases minérales.
2. Une pyrite secondaire, formée au dépens de la pyrrhotite, en cristaux automorphes à sub-automorphes.

- **L'arsénopyrite:** Elle se présente :

1. Soit en petits cristaux isolés, automorphes de taille variant de 10 à 100 $\mu$ .
2. Soit groupé en plusieurs individus engrenés.

- **La marcassite :** Elle se présente en cristaux isolés ou groupés en plusieurs individus maclés polysynthétiques et/ou lamellaires, avec une taille qui varie entre 50 et 300 $\mu$ .

Le plus souvent, ce minéral se trouve associé à la pyrrhotite, probablement en remplacement de cette dernière.

### VI.2.b. Les différentes phases minérales existantes ainsi que leurs textures et leurs liaisons.

En effet on distingue :

- Minéralisation d'imprégnation.
- Minéralisation disséminé.
- Minéralisation fissurale.

#### Minéralisation d'imprégnation :

C'est un facies poreux dominé par la pyrrhotite qui se présente en plage de dimension 50 $\mu$ m à 300 $\mu$ m et étiré par la déformation régionale. La sphalérite est faiblement représenté il est sous forme de rubans déformé selon la déformation régionale. On observe aussi l'arsénopyrite qui apparaisse tardive en cristaux automorphe et xénomorphe groupé en plusieurs individus et des petites plages de la chalcoppyrite qui occupe les intersectes, Il est remobilisé tardivement. remarquant aussi des inclusions de la galène dans la sphalérite (Photo 9) .

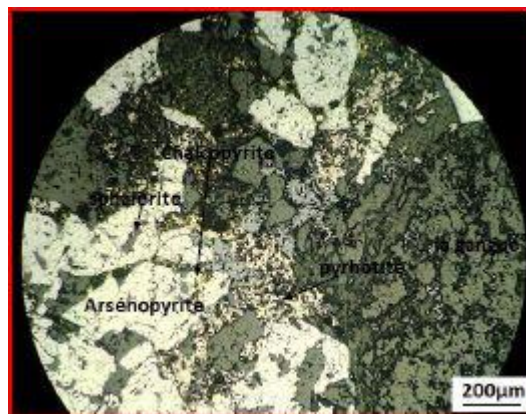


Photo 6 : la minéralisation d'imprégnation (L.P).

**Minéralisation disséminé :**

Elle est largement représentée dans presque tous les faciès, notamment plus accentuée dans les tufs volcaniques et les grés-pélites. Ce type de minerai ne présente pas d'intérêt économique. Au microscope on observe que la minéralisation disséminée et étirée par la déformation et il comprend l'arsénopyrite automorphe et xénomorphe associée ou isolée et qui souligne suivant la déformation, citant aussi des plages de marcasite qui englobent la pyrrhotite ce qui indique la transformation de ce dernier par la marcasite (Photo10).



Photo 7 : La minéralisation disséminée (L.P)

**Minéralisation fissurale :**

La minéralisation remplit les fissures. Il s'agit principalement de la sphalérite plus du galène et peu de pyrrhotite avec des traces de chalcoprite (Photo11) .

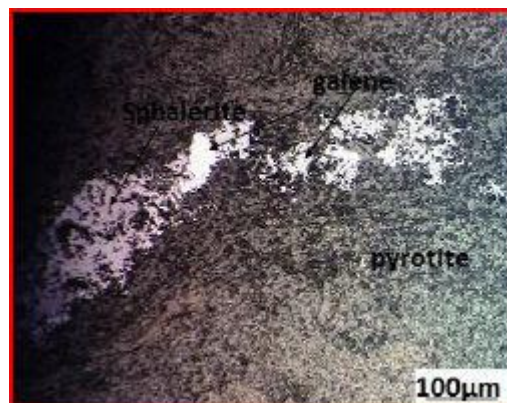


Photo 8 : la minéralisation fissurale (L.P)

### VI.3. Altérations hydrothermale

Cette étude a révélé que les sulfures sont encaissés dans un encaissant volcano-sédimentaire qui comprend :

Les métapelites, les silts et les tufs rhyolitiques.

Ces faciès sont affectés par une altération hydrothermale qui se manifeste par :

**La chloritisation** : Elle est relativement réduite, mais elle est parfois très développée dans certains faciès fortement hydrothermalisés, ou elle se présente sous forme de lamelle.

**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 précoce métamorphique.

**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. En règle générale, la séricitisation apparaît aussi bien au niveau du mur que du toit de la minéralisation. Les séricites sont rencontrées également dans les taches de la minéralisation dissiminée, où elles semblent accompagner le dépôt du minerai.

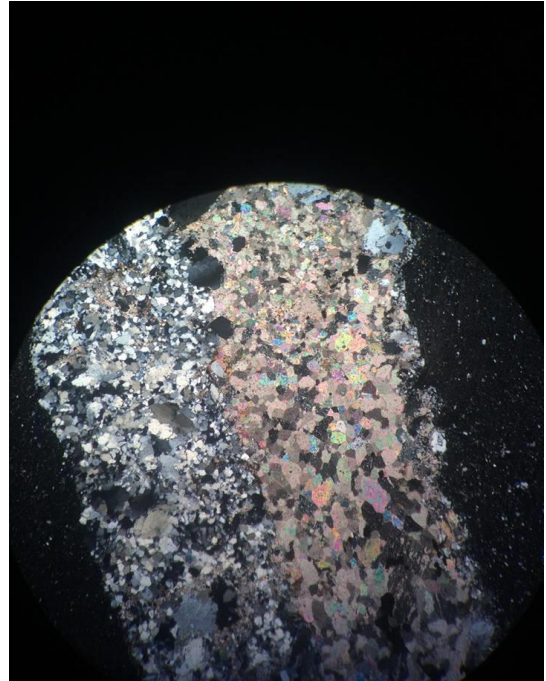
**La silicification** : altération toujours présente dans les faciès étudiés, elle est souvent associée aux phases métalliques, et localisée au niveau des fractures tardives.

**La carbonatation** : altération d'importance moindre par rapport aux précédentes. Elle se matérialise par des plages plus ou moins grandes de carbonates et des fissures à carbonates. Elle est principalement développée au niveau du toit de la minéralisation.

-Quelques structures rencontrées :



9 : Petite faille au niveau du sondage  
FGC 178



Photo

photo 10 : contacte Tufs-silt



Photo 11 : remplissage calcaire

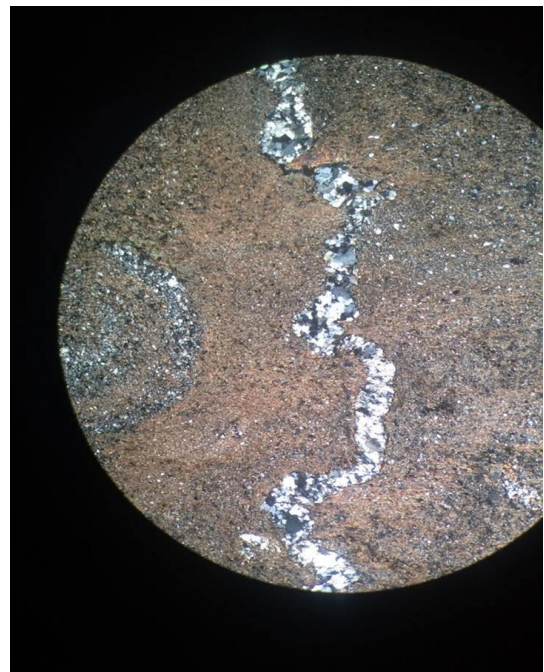


photo 12 : Boudinage et micro plissement



Figure 16 : Les analyses géochimiques effectuées sur les différents faciès des sondages FGC-172, 176,177 (document interne CMG).

anc_id	from_m	to_m	FE	CU	As_ppm	PB	ZN	Ag_ppm	Co_ppm
FGC172	39.4	40.4	24.21	0.43	2179	0.01	0.02	1	652
FGC172	40.4	41.4	44.72	0.16	100	0.01	0.02	3	528
FGC172	41.4	42.3	33.81	0.21	6900	0.01	0.03	1	330
FGC172	46	47	25.94	0.37	2800	0.12	0.54	3	201
FGC172	47	48	37.43	0.29	1900	0.03	0.66	1	329
FGC172	48	49	27.03	0.2	3100	0.01	0.03	1	193

anc_id	from_m	to_m	FE	CU	As_ppm	PB	ZN	Ag_ppm	Co_ppm
FGC176	47.4	48.4	33.3	0.17	400	0.04	0.72	2	249
FGC176	48.4	49.4	18.45	0.08	400	0.01	0.38	1	169
FGC176	49.4	50.4	29.08	0.08	300	0.01	0.05	1	159
FGC176	50.4	51.4	33.71	0.17	2179	0.01	0.15	3	263
FGC176	51.4	52.4	41.64	0.28	700	1.05	4.49	22	412
FGC176	52.4	53.4	50.56	0.41	700	0.02	1.1	9	649
FGC176	53.4	54.4	33.66	0.26	3100	0.01	0.06	1	1500
FGC176	54.4	55.4	43.16	0.26	1900	0.01	3.11	1	430
FGC176	55.4	56.4	41.01	0.23	300	0.01	2.85	1	549

anc_id	from_m	to_m	FE	CU	As_ppm	PB	ZN	Ag_ppm	Co_ppm
FGC177	48.5	50	18.36	0.0723	179	0.0114	0.0995	2	76
FGC177	50	51	35.34	0.23	300	0.0222	1.53	6	244
FGC177	51	52	40.6	0.38	300	0.0184	1.58	6	386
FGC177	52	53	43.52	0.24	300	0.0096	0.0503	7	303
FGC177	53	54	35.17	0.26	300	0.0132	0.2	34	2000
FGC177	54	55	29.25	0.21	400	0.21	0.52	9	163
FGC177	55	56	30.68	0.2	200	0.0277	0.82	7	213

**Ces analyses montrent des fortes teneurs en Fer, Cobalt et l'Arsecnic.**

**Les teneurs en Plomb, Zinc et argent sont relativement faibles.**

## VII. CONCLUSION GENERALE

L'étude lithologique et pétrographique des sondages étudiés macroscopiquement et microscopiquement montre globalement que l'encaissant de la minéralisation est dominé par les tufs volcaniques et les laves à bulles, qui est un faciès repère dans le gisement de Hajjar.

La série de Hajjar est présente dans la zone Sud Est : unité basale , médiane et sommitale. On note aussi que l'encaissant est affecté par une altération hydrothermale. Cette dernière est représentée par : une chloritisation, une biotitisation, une séricitisation, une silicification.

L'étude métallographique montre une population d'espèces métalliques riche et variée dominée par pyrite suivie de pyrrhotite, l'arsénopyrite et puis la sphalérite la chalcopryrite et enfin la galène.

Les analyses chimiques montrent des teneurs de minéralisations élevées ce qui indique que les sondages effectués sont « positives » et alors passent par une minéralisation massive

**D'après tous cela et à l'aide des coupes effectuées, on déduit que la minéralisation ne c'est pas arrêter, et qu'il y'en aura dans l'avale sous forme de stock-work, je recommande que plus de sondages soient effectués.**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

**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 AyyadMarrakech, 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.

**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.

**Raqqiqi, (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.