



UNIVERSITE CADI AYYAD 0
FACULTE DES SCIENCES
ET TECHNIQUES

SOCIETE METALLURGIQUE
D'IMITER
IMITER

MÉMOIRE
Présenté à la faculté pour l'obtention du diplôme de licence
GEOLOGIE APPLIQUEE AUX RESSOURCES MINIERES
LST-GARM

**ETUDE LITHOSTRUCTURALE DE LA ZONE DE
TACHKAKACHTE (MINE D'IMITER, ANTI-ATLAS
ORIENTAL) : CARTOGRAPHIE ET COUPES
GEOLOGIQUES**

Encadré par :

Mr Ahmid HAFID
Mr Mustapha OURRIBAN
Mr Abdelhakim EL BAHAT

Réalisé par :

Robert Junior MENGUE MEKA
Mohamed AIT AHMED

Soutenu le 13/06/2016 devant le jury :

Mr Ahmid HAFID : Faculté des Sciences et Techniques- MARRAKECH
Mme Aicha REDDAD : Faculté des Sciences et Techniques- MARRAKECH

Tables des matières

Remerciements	2
Résumé.....	3
CHAPITRE I : Généralités	4
I. Cadre géologique.....	5
1. Cadre géologique général.....	5
2. Domaine Anti-Atlasique.....	5
3. Cadre géologique régional.....	6
II. Présentation générale	7
1. Situation géographique.....	7
2. Histoire de lamine	8
3. Présentation de la SMI.....	10
4. L'argent.....	11
III. Lithostratigraphie et contexte structural du gisement d'Imiter	12
IV. Minéralisation.....	14
CHAPITRE II : Etude macroscopique de la minéralisation et identification de la lithologie.....	18
I. Description d'un sondage carotté.....	18
II. Identification de la lithologie et de la minéralisation.....	22
CHAPITRE III : Coupe et carte géologique.....	30
I. Coupes géologiques.....	33
II. Synthèse et corrélation.....	38
1. Lithologie de la zone d'étude.....	38
2. Etude structurale	40
3. Carte de synthèse et corrélation.....	43
Liste des figures	46
Liste des tableaux.....	47
Bibliographie.....	48

Remerciements

Il nous est offert ici, par ces quelques lignes, la possibilité de remercier les personnes qui nous ont porté assistance durant notre stage.

Nous tenons à remercier tout d'abord Monsieur Mustapha OURRIBAN du bureau exploration jour du service géologie de la SMI, pour son aide précieuse, ses conseils, pour toute l'attention qu'il nous a accordée durant notre stage ainsi que les moyens qu'il a mis à notre disposition pour que l'on puisse mener à bien notre travail.

Nous tenons également à remercier Monsieur A. ZAKRI chef du service géologie à la SMI, pour nous avoir donné la possibilité d'intégrer son service en tant que stagiaires.

Nos remerciements sincères vont à également Monsieur Hakim EL BAHAT, notre encadrant à la SMI.

Nous tenons à témoigner toute notre reconnaissance à Monsieur Ahmid HAFID pour avoir bien voulu accepter d'être notre encadrant durant notre stage ainsi que son implication directe dans nos démarches pour l'obtention de notre stage.

Nous remercions également Monsieur Mustapha EL GHORFI qui a œuvré pour que l'on puisse obtenir notre stage.

Notre exprimons notre gratitude aux stagiaires Ayoub BOUMILA et Khalid BERKOOCH pour leur aide apportée durant l'étude des sondages carottés.

Nos remerciements vont également aux membres du jury Mr Ahmid HAFID et Mme Aicha REDDAD, pour le temps qu'ils nous ont accordé.

Nous souhaitons également remercier tous les membres du service géologie de la SMI, pour la convivialité, les conseils prodigués et l'aide fournie.

Résumé

Le présent rapport s'intègre dans le cadre du projet de fin des études réalisé au sein de la société métallurgique d'Imiter (SMI). Ce rapport a pour thème : **Etude lithostructurale de la zone de Tachkakachte (mine d'Imiter, Anti-Atlas oriental) : Cartographie et coupes géologiques.** L'objectif de ce travail est de réaliser des coupes géologiques qui présentent la lithologie de la zone d'étude, ainsi que les différentes structures identifiées sur le terrain. Par la suite, à partir des différentes coupes réalisées, il est question d'établir une carte de synthèse et de faire ressortir des corrélations entre les différentes structures. Ce sujet est considéré comme une opportunité pour la reconnaissance des structures sur le terrain et l'apprentissage du travail d'exploration.

Le travail effectué s'articule autour de deux points principaux qui sont :

- I. la réalisation de coupes géologiques de la zone de Tachkakachte à une échelle de 1/2000 représentant la lithologie qui caractérise la zone d'étude.
 - D'un point de vue lithologique le secteur d'étude est constitué par des grès, granodiorite, une formation volcano-sédimentaire, des pélites et des dykes basiques.
 - sur le plan structural, la zone est affectée par la tectonique cassante qui se manifeste par des failles (NNE-SSW) et (E-W). On peut également observer des plis au niveau des pélites
- II. La réalisation d'une carte de synthèse à échelle 1/2000 de la zone d'étude et établir des corrélations entre les différentes structures rencontrées sur le terrain.

Chapitre I : Généralités

I. Cadre géologique

1. Cadre géologique général

Le Maroc, zone de transition entre le domaine méditerranéen et le craton Ouest africain, a été le siège de différentes phases orogéniques, au cours des temps géologiques, qui ont conduit à la subdivision du territoire marocain en quatre domaines structuraux (Figure 1). D'après les travaux de G.Choubert et J.Marçais (1952) et A.Michard (1976) on peut citer :

- **le domaine rifain au Nord** : constitué par la chaîne du rif d'âge alpin. Il est caractérisé par une déformation maximum de l'écorce et la présence de nappes de charriage ;
- **le domaine atlasique** : constitués par un socle paléozoïque (les mésetas) et une couverture, formée des terrains essentiellement carbonatés, mésozoïques et cénozoïques. Il comporte deux unités structurales, une zone à couverture plissée comprenant le Haut et le Moyen Atlas, et une zone à couverture tabulaire comprenant les hauts plateaux et le pays des horsts dans le Maroc oriental.
- **le domaine mésétien** : comprenant la Méséta occidentale et la Méséta orientale, montre une couverture alpine souvent tabulaire, superposée à un socle précambrien pénéplané ;
- **le domaine anti-atlasique**: c'est le plus méridional. IL comprend un socle précambrien et une couverture paléozoïque peu déformée par l'orogénèse hercynienne.

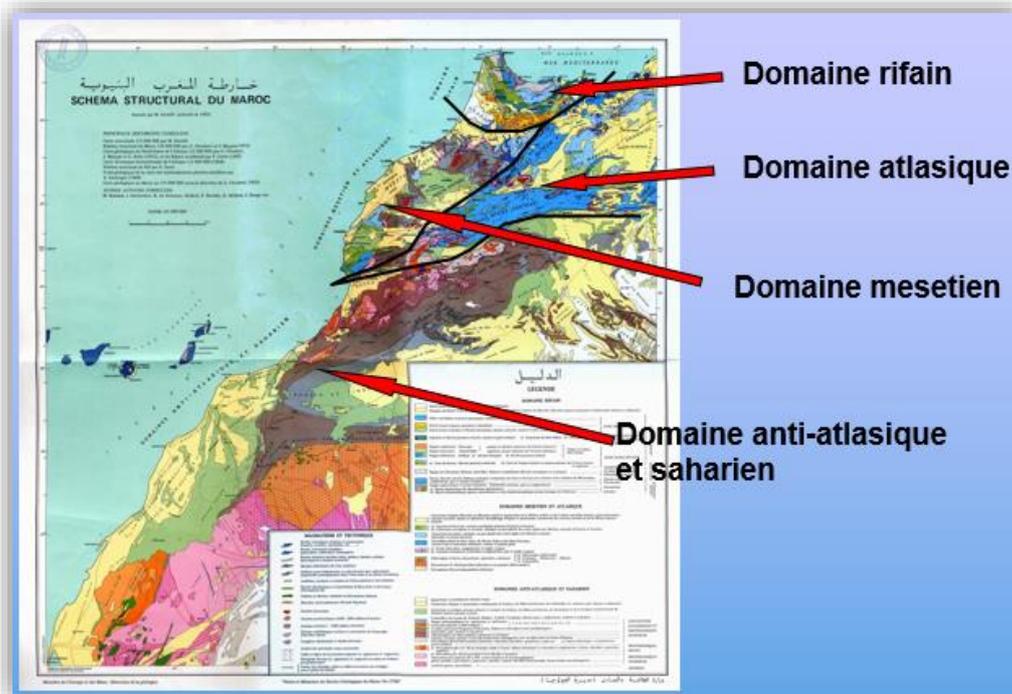


Figure 1 : Carte du Maroc montrant les différents domaines structuraux

2. Domaine Anti-Atlasique

Le domaine Anti-atlasique est orienté ENE-WSW ceinture la partie Nord du craton ouest africain; Il est allongé sur environ 700 Km de long avec une largeur de 200 Km. IL est bordé au nord par la plaine de Souss. Le sillon pré-africain et le Haut-atlas au sud par la plate forme

saharienne et les plateaux de Tafilet. Cette chaîne qui résulte essentiellement de la superposition des orogènes éburnéenne et panafricaine et subdivise géographiquement en trois parties :

- **L'Anti-Atlas occidental** : s'étant depuis l'atlantique jusqu'au massif de Siroua. Il est constitué par des boutonnières importantes (Bas Draa, Ifni, Ighram, Kerdous et à la partie sud Taznaght)
- **L'Anti-Atlas Central** : renferme les boutonnières précambrienne de Zenaga, Siroua et Bou Azzar-ElGraraa ces deux derniers paléosuture ophioliteque constituent une empreinte du domaine orogénique panafricain en bordure du craton Ouest africain.
- **L'Anti-Atlas oriental** : forme principalement par le massif de Saghro ou les terrains panafricain affleurent sous forme de boutonnières taillées dans des formations de l'infrecambrien et du paléozoïque (Sidi Flah, Kelaa Mgouna, Boumalne, et Imiter) ; Le massif de l'Ougnat constitue le prolongement oriental de Jbel Saghro.

L'une des structures importante de cette chaîne est l'accident majeur anti-atlasique orienté WNW-ESE (Choubert 1947-1963). Celui-ci sépare la chaîne anti-atlasique en deux domaines (Figure 2):

- **L'Anti-Atlas sud-occidental** qui est le plus ancien et le plus stable. Il a été structuré et cratonisé au cours de l'orogène éburnéenne et fait partie du craton ouest africain ;
- **L'Anti-Atlas nord-oriental**, relativement récent et dit mobile, structuré au cours de l'orogène Pan-africaine.

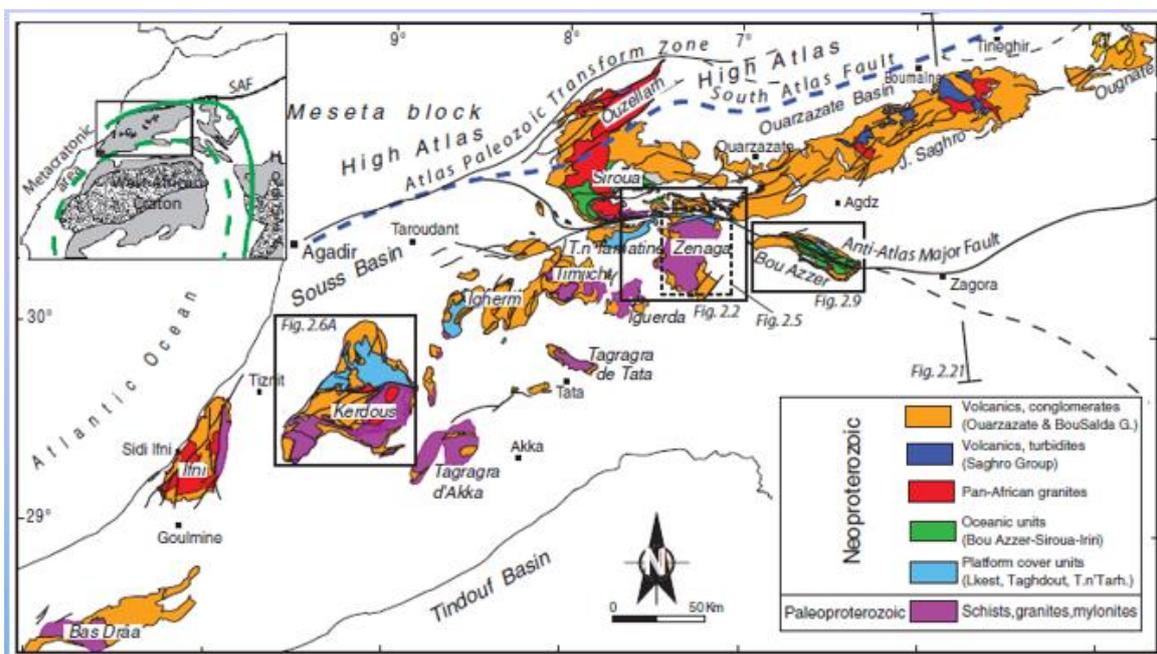


Figure 2 : L'Anti-Atlas et ses boutonnières (Gasquet et al, 2008)

3. Cadre géologique régional

Géographiquement le Jbel Saghro est limité au Nord par la vallée du Dadès et celle de Toudgha. Au sud par les plaines de Tazzarine et du Draa. A l'Est par le Tafilalt. Il est orienté NESW. Les reliefs sont peu accusés avec des sommets culminants correspondants a des falaises rocheuses du précambrien terminal.

Dans le contexte géologique les massifs du Saghro et de l'Ougnat font partie du domaine mobile panafricain (Choubert, 1952, Leblanc, 1975). Il est limité par l'Accident sud-atlasique et au sud par l'Accident Majeur de l'Anti-Atlas (Choubert, 1947,1963).

De point de vue stratigraphique, le massif du Saghro est constitué par un socle précambrien et une couverture infracambrienne et paléozoïque. (Figure 3)

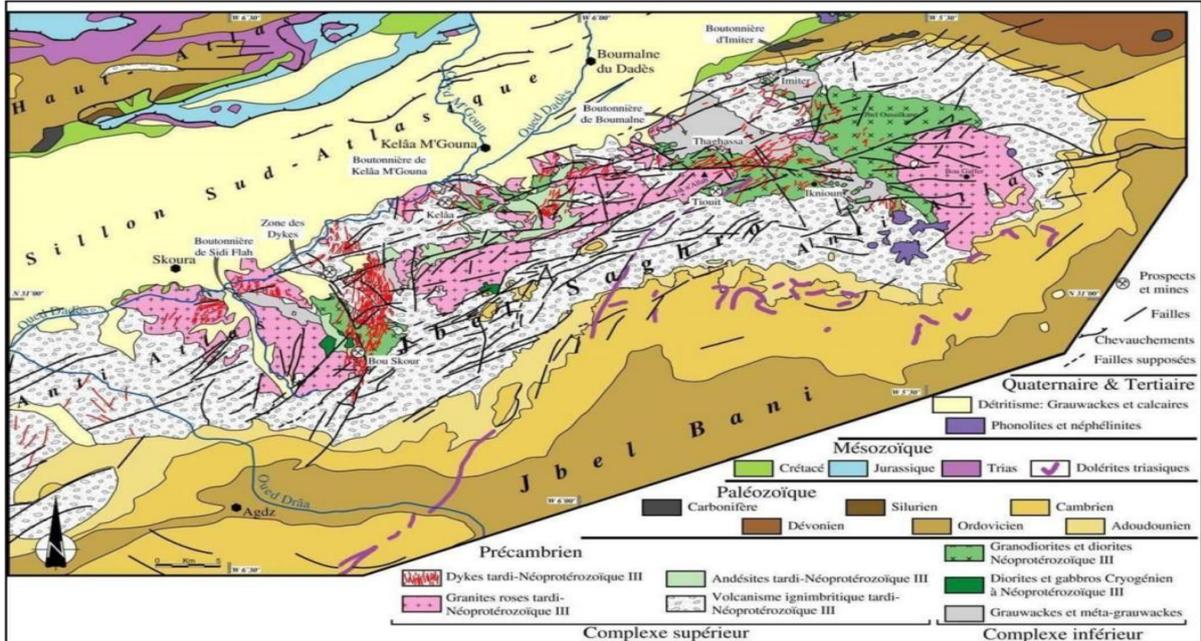


Figure 3 : Carte géologique du Jbel Saghro, d'après Hindermeyer et al. (1977)

II. Présentation Générale

1. Situation géographique

Le gisement d'Imiter se situe dans la boutonnière d'Imiter sur le flanc Nord du Jbel Saghro d'orientation sensiblement Est-Ouest (NE-SW), et qui forme avec le Jbel Ougnat l'aile orientale de l'Anti-Atlas (Figure 4). Le Jbel Saghro s'étend sur 150 km de long et 45 km de large, il est limité au nord par la vallée du Dadès et celle de Todgha, au sud par les plaines de Tazarine et du Draa et à l'est par le Tafilalet.

La mine d'Imiter se localise entre les villes de Boumalne et Tineghir, à 25km environ au Sud de de la ville de Tineghir et a 20 km de l'accident sud-atlasique. On y accède par une goudronnée de 6 km de long, qui se trouve à l'intersection de la N°10 Ouarzazate - Errachidia.

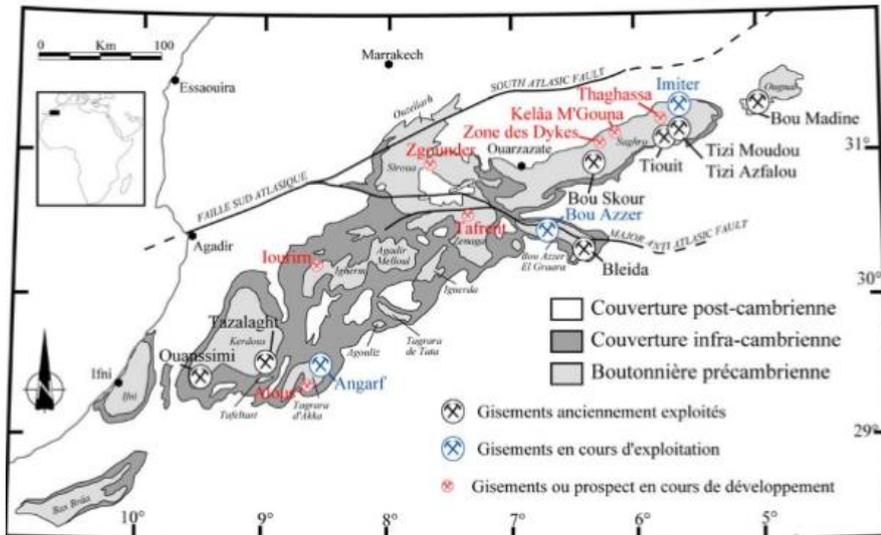


Figure 4 : localisation de la mine d'Imiter (Document SMI)

Le gisement s'étend sur une superficie de 7km en Est-Ouest et 6km en Nord-Sud à 1500-1600 mètres d'altitude. Il est localisé sur un important faisceau de failles d'échelle régionale, orientées ca. N70 à N90 dont la plus importante est la faille d'Imiter (Figure 5).

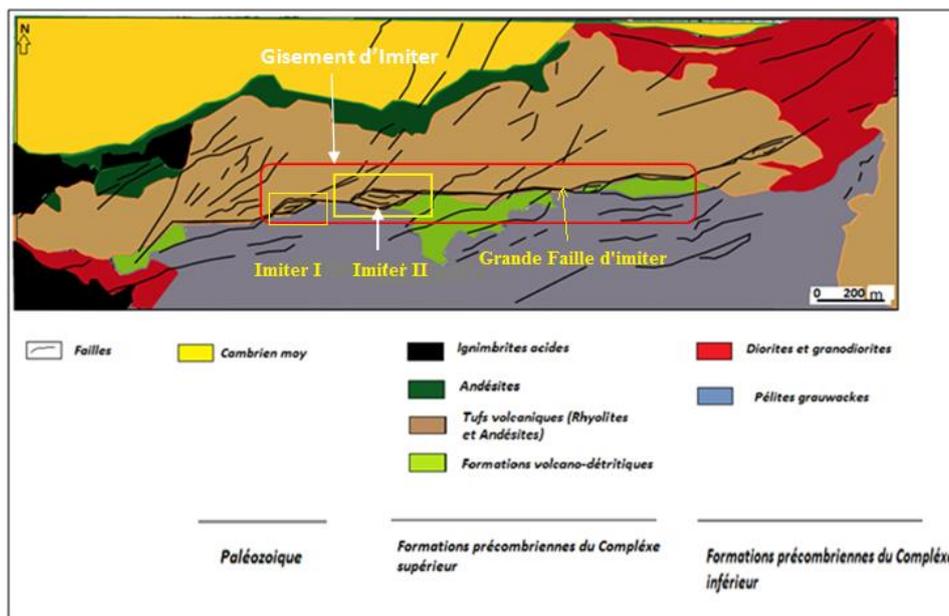


Figure 5 : Carte géologique du district minier d'Imiter (Document SMI)

2. Histoire de la mine

Le district minier d'Imiter a subi de nombreux travaux au cours des siècles. Les études archéologiques ont permis de déterminer que les premiers travaux effectués datent du moyen-âge. Un volume important de débris rocheux issus des anciens travaux miniers (haldes) a été retrouvé sur place environ 1 million de tonnes.

a) Epoque ancienne

Les autochtones ont acquis la maîtrise du principe de base de l'extraction du minerai d'argent ainsi que son traitement. C'est grâce aux chefs d'œuvres miniers abandonnés que le gisement a été redécouvert, comme en témoigne les anciennes excavations (étendues sur environ 2.5 km d'est en ouest), une ancienne carrière « carrière des anciens » de 30 m de profondeur couvrant 4000m². Les excavations sont attribuées aux Portugais, par les autochtones qui auraient atteint la région au XVI^{ème} siècle. Mais l'exécution des excavations remonte vraisemblablement à une époque encore plus lointaine. Des fouilles archéologiques ont permis de découvrir de nombreuses pièces de monnaie, dont une pièce de monnaie en cuivre, du 8^{ème} siècle, attribuée par Monsieur D. EUSTACHE en 1970 aux dynasties IDRISSE ou ABBASSIDE constitue le plus ancien vestige trouvé à Imiter. Une autre pièce un « Dinar » au nom de Mehdi trouvée à Toudgha qui pourrait laisser penser que l'exploitation remonte aux dynasties Almohades. (*Grappes 1976*)

De plus les autochtones traitaient eux même leur minerai d'argent. Des plaquettes d'argent natif étaient traitées dans des cuves d'enrichissement du minerai « Marmites » avant fusion, ou fondue directement dans les creusets à fonderie. Le minerai disséminé présent sous forme de paillettes d'argent était broyé comme l'atteste un grand nombre de meules brisées trouvées sur le site.

b) Epoque actuelle

Le site d'Imiter fut redécouvert par la Société Minière de l'Atlas Marocain (SMAM), une filiale de la PEN ARROYA. Au cours d'une prospection aérienne du Saghro oriental, l'attention fut attirée par les tas de haldes qui jalonnent les travaux anciens. La compagnie effectua quelques travaux de recherche vers 1950 consistant essentiellement en puits et travers-bancs.

Le Bureau de Recherche et de Participation Minière (BRPM) reprit les recherches sur le permis. Messieurs AMADE et SMEYKAL successivement s'intéressèrent à deux problèmes distincts entre 1955 et 1966. D'un côté l'étude des avals par sondages carottés relativement longs (80-180 m). De l'autre une étude détaillée portant sur les possibilités d'une récupération et d'un traitement des haldes par cyanuration. Après évaluation des réserves, le projet d'une usine de cyanuration fut retenu.

Une société métallurgique : la société métallurgique d'Imiter (SMI) fut fondée en 1970, les deux partenaires de la SMI sont l'Omnium Nord-Africain (ONA) gestionnaire jusqu'en 1975 (31% des parts) et le BRPM (69% des parts) qui reprit la gestion en Juin 1975.

En 1985 avec l'instauration d'une nouvelle infrastructure minière plus performante et moderne on aboutit à l'extension des capacités de traitement à 150000 t/an de minerai traitait 800 g/t d'argent pour un traitement de 1400 t/j permettant d'assurer une production annuelle de 300 t/an. En 1996 on a la privatisation de la SMI (70 % ONA contre 30% BRPM), réaugmentation de la capacité d'extraction et de traitement. En 1997, ONA a porté sa participation de 67 % à 80 % du capital en levant son option sur l'achat. Les 20 % du capital de la SMI encore détenus par l'état (BRPM), ont été cédés le 7 juin 1997 en bourse par le biais d'une offre publique de vente.

En 1999, ONA concrétise à Imiter un projet d'extension pour un investissement global de 127 millions de dirhams, permettant de porter la production totale à 250 tonnes d'argent par an, notamment par l'ajout d'unités de flottation et de lixiviation.

3. Présentation de la SMI

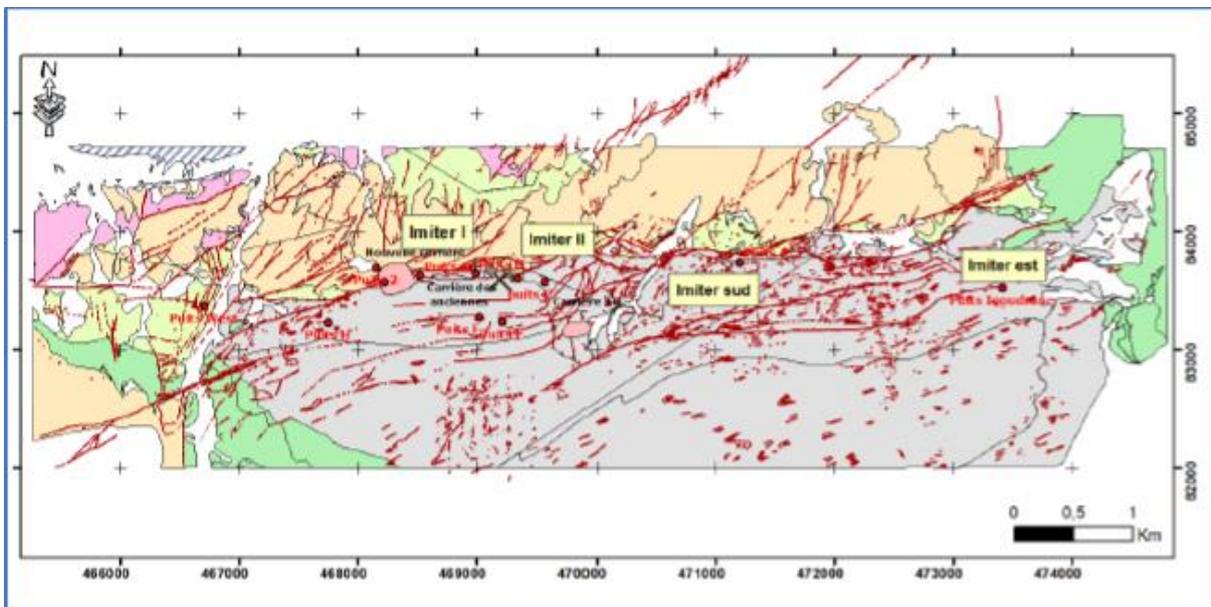
Le gisement d'argent d'Imiter représente 8.5 millions de tonnes de minerai avec une teneur moyenne de 700 g/t d'argent. De 1963 à nos jours, près de 2500 t d'Argent métal ont été produits sur un rythme de près de 250 t d'argent métal par an. Imiter est aujourd'hui la seule mine exploitée dans le Jbel Saghro et se place au 4^o rang mondial derrière le Mexique (Proaño), le Chili (La Coipa) et les Etats Unis (Greens Creek). A l'inverse de ces trois géants, la mine d'Imiter se démarque par une production non pas associée à des métaux de base (Cu, Pb, Zn) mais au mercure constituant également une part importante de la production. En 2015 le chiffre d'affaire était de 1039 millions de dirham, pour 207 tonnes d'argent métal produites.

a) Répartition des corps minéralisés de la mine

Quatre principaux corps minéralisés forment le gisement d'Imiter (Barodi et al, 2002) :

Figure 6 : Localisation des différents corps minéralisés de la mine (Document SMI)

Secteur Imiter I - Grande Carrière : c'est le gisement le plus ancien situé à l'Ouest de la mine.



La minéralisation de ce secteur est présente dans des filons à quartz gris et/ou à carbonates et dont l'encaissant est constitué de grés-pélite intrudées par des dykes basiques. Les structures d'imiter I sont de deux types: des structures a fort pendage vers le Nord, et d'autres à faible pendage vers le sud.

Imiter II: C'est le gisement qui présente la teneur moyenne la plus élevée (700 g/t Ag). La minéralisation est encaissée dans la formation métasédimentaire du Néoprotérozoïque moyen

(PII), ainsi que dans les conglomérats de base et les tufs de la formation volcano-sédimentaire du Néoprotérozoïque terminal (PIII).

Imiter-Sud (Puits IV): Au sud d'Imiter I et II, des failles de direction EW à ENE forment un réseau sur une largeur de 800 m. Elles affectent du la formation métasédimentaire du Néoprotérozoïque moyen et la série volcano-sédimentaire de la base du Néoprotérozoïque terminal vers l'est. Ces structures ont des puissances de 1 à 8 m avec des teneurs dépassant parfois 1000 g/t Ag. La minéralisation est présente dans des filons de quartz gris. Il s'agit ici d'argent natif et de sulfures d'argent cimentés par une phase tardive de dolomite rose avec argent natif et Imitérite.

Imiter Est (ou Igoudrane/ Puits V) : C'est le gisement situé le plus à l'Est de la boutonnière. La minéralisation y est localisée au niveau de couloirs de cisaillement dans les métasédiments du Néoprotérozoïque moyen. Les corps présentent une extension horizontale de 200 m pour une extension verticale reconnue actuellement de 400 m.

4. L'argent

I. Production

L'argent est un métal précieux dont les faibles réserves au niveau mondial en font une matière première minérale critique. La production mondiale d'argent connaît un développement régulier depuis la seconde guerre mondiale pour passer de 4 000 à 27 300 tonnes d'argent produit dans le monde en 2015 par 55 pays. La croissance moyenne de la production d'argent dans le monde a été de 1.5% par an depuis plus d'un siècle. La production mondiale d'argent doit augmenter de 10 millions d'onces d'argent tous les ans pour continuer à répondre à la croissance de la demande et on estime qu'au rythme actuel le minerai d'argent sera épuisé entre 2021 et 2037. En 2010 on estime qu'il y aurait un stock de 270 000 à 380 000 tonnes d'argent sur Terre, avec des réserves connues surtout au Pérou (21%), en Pologne (15%), l'Australie (15%), au Chili (13.48%), Chine (7.53%), Mexique (6.48%).

II. Utilisation

Les trois utilisations majeures de l'argent dans le monde sont :

L'industrie (électricité, électronique, brasures, soudures : entre 45 et 55 % de l'argent produit chaque année), la bijouterie (pendentifs, colliers bracelets : 7700 tonnes), la photographie (radiographie, film et papier photographique : 5600 tonnes).

Parmi utilisations mineures de l'argent nous pouvons citer les applications monétaires (pièces de monnaies en argent, thésaurisation, spéculation : 1300 tonnes) ; l'alimentation (additif alimentaire, confiserie, action bactéricide) ; fabrication d'instruments de musique ; nanotechnologies (fabrication de bactéricide, particules d'argent protéinées)

III. Lithostratigraphie et contexte structural du gisement d'Imiter

a) Lithostratigraphie

Le gisement d'Imiter est encaissé principalement dans les formations grés-pélitiques situées au sommet de la pile sédimentaire du Néoprotérozoïque moyen (PII) et accessoirement dans les niveaux détritiques de la base du Néoprotérozoïque terminal (PIII). Dans le détail, trois grandes unités sont distinguées, ces unités sont intrudées par des massifs plutoniques et des dykes basiques à intermédiaires:

a) Socle Néoprotérozoïque moyen (PII)

Le Néoprotérozoïque moyen est formé d'une série sédimentaire grés-pélitique plissée, à pendage général dirigé vers le N à NNW. Il est constitué d'un ensemble stratifié, formé d'une alternance de bancs gréseux, quartzitiques et pélitiques. Ces dépôts sont marqués par l'abondance de turbidites organisées en séquences de type Bouma complètes ou *non* (Marini et Ouguir, 1990) interprétées comme des dépôts de cônes sous-marins au pied d'une marge continentale (Marini et Ouguir, 1990 ; Ouguir, 1991).

Les pélites noires qui encaissent la minéralisation mercuro-argentifère occupent la partie sommitale de la série du Néoprotérozoïque moyen et sont considérées comme des dépôts de milieu confiné correspondant à un ou plusieurs événements anoxiques (Marini et Ouguir, 1989).

La série grés-pélitique des formations du Néoprotérozoïque moyen présentent une polarité normale en allant du Sud vers le Nord. Ainsi, dans sa partie sud, le Néoprotérozoïque moyen d'Imiter est formé surtout de puissants bancs gréseux avec intercalations de bancs pélitiques de faible épaisseur et plus on monte dans la série vers le Nord, les bancs gréseux diminuent de puissance. La série se termine à l'extrême nord au contact du complexe supérieur par des pélites noires qui contiennent l'essentiel de la minéralisation.

Cette série est affectée par deux phases de plissement majeures : une phase synschisteuse P1, une autre post-schisteuse P2 rapportées respectivement aux phases panafricaines B1 et B2 (Leblanc, 1973,1975 ; Saquaque et al, 1992).

b) Couverture volcano-sédimentaire Néoprotérozoïque terminal (PIII)

Sur le socle Néoprotérozoïque moyen qui est plissé, métamorphisé et érodé, reposent en discordance angulaire les formations subtabulaires volcano-sédimentaires et volcaniques du Néoprotérozoïque terminal (Figure 7).

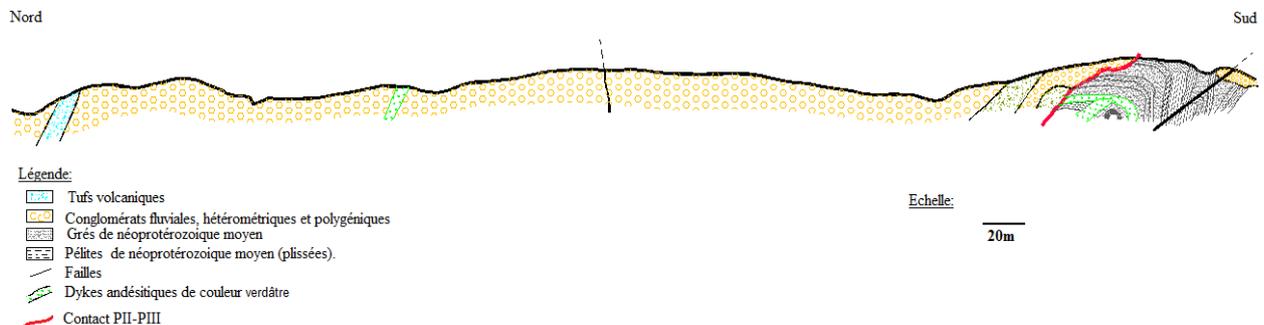


Figure 7 : Coupe N-S passant par la discordance angulaire entre le Néoprotérozoïque moyen (PII) et Néoprotérozoïque terminal (PIII) (Document SMI)

Il s'agit de la base vers le sommet d'un empilement de tufs fins lités ; des coulées andésitiques inférieures, des tufs cristallins rhyodacitiques à intercalations ignimbricitiques, des tufs lithiques rhyodacitiques avec des intercalations d'épiclasties, des coulées andésitiques supérieures et enfin des ignimbrites (*Baroudi, 2002*).

La partie inférieure du Néoprotérozoïque terminal renferme un conglomérat fluviatile, localement épais qui paraît souvent combler des paléo-dépressions du socle et se localiser dans des zones de faible extension. Ce conglomérat polygénique, marque la discordance majeure entre la série du Néoprotérozoïque moyen déformé et la série volcanique du Néoprotérozoïque terminal. L'ensemble de ces terrains est traversé par des dykes felsiques et mafiques (*El Gaouzi, 2004*), qui se sont mis en place préférentiellement dans les plans de schistosité du socle Néoprotérozoïque moyen (EW et ENE) et dans les accidents NE et NS affectant la couverture de Néoprotérozoïque supérieur.

c) Couverture paléozoïque

La série paléozoïque débute directement par les formations du Cambrien moyen. Le terme de base est une barre métrique de conglomérat lumachellique à intercalations calcaires dont l'âge exact n'a pas encore été déterminé. Une estimation ancienne donne un âge géorgien (cambrien inférieur) (*Choubert, 1947*) (Figure 8). Il est surmonté par des puissantes formations grésopélitiques du Cambrien moyen. Les séries paléozoïques reposent en discordance angulaire (quelques degrés) sur les formations du Néoprotérozoïque supérieur et terminal. Le pendage des séries paléozoïques au niveau de la mine d'Imiter varie de 15 à 20° vers le Nord

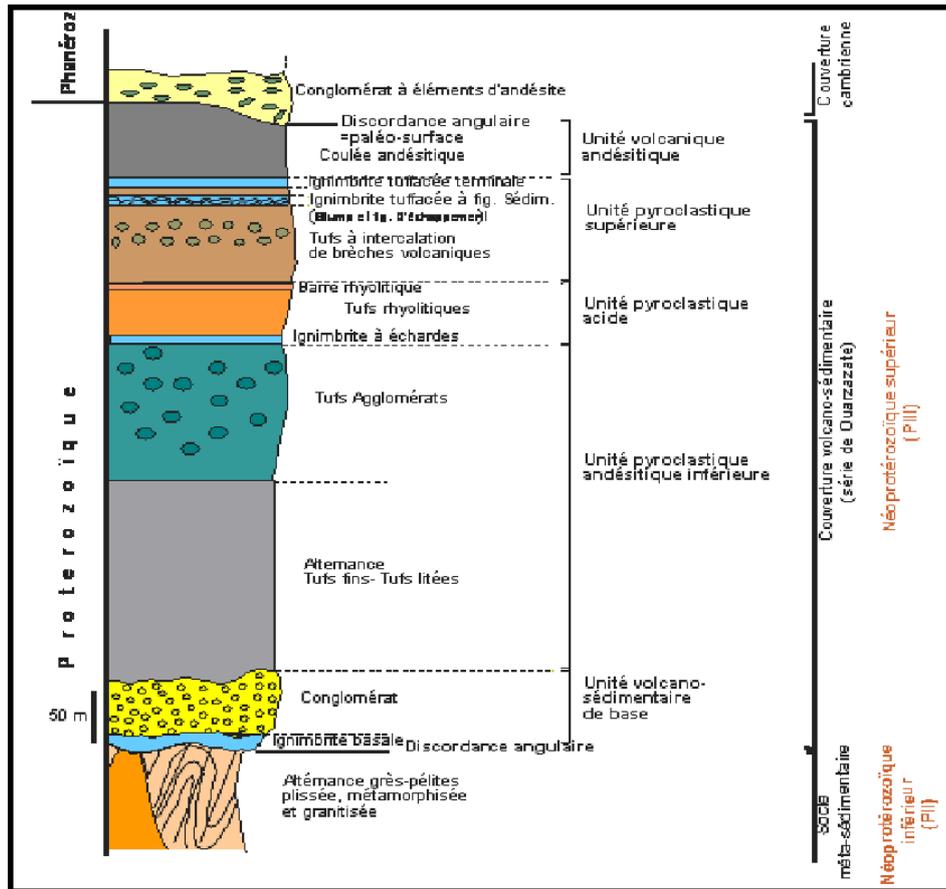


Figure 8: Log stratigraphique simplifié d'Imiter (Document SMI)

d) Massifs plutoniques et dykes

Plusieurs massifs de granitoïdes sont intrusifs dans les formations du Néoprotérozoïque moyen et terminal. Il s'agit de granitoïdes d'extension kilométrique et d'âges antérieurs à contemporains aux manifestations volcaniques du Néoprotérozoïque terminal. Ces granitoïdes développent un métamorphisme de contact à biotite, cordiérite et andalousite dans les formations du Néoprotérozoïque moyen. Ils ont fait l'objet de nombreuses études pétrologiques et structurales (Ighid et al. 1989 ; Leistel et Qadrouci, 1991 ; Camara, 1993 ; Ouguir et al... 1994). Trois grands massifs se distinguent (Figure 9) :

- i) le massif d'Igoudrane à l'Est, de nature granodioritique à diorite-gabbroïque
- ii) le massif granodioritique de Bou Teglimt au Sud.
- iii) le massif de Taouzzakt au Sud-ouest.

En plus des intrusions plutoniques, les formations du Néoprotérozoïque Moyen et du Néoprotérozoïque Supérieur de la boutonnière d'Imiter sont recoupées par un important réseau de dykes basiques à intermédiaires sans atteindre les terrains paléozoïques. Ces dykes s'allongent suivant deux directions privilégiées : La direction N45 dans laquelle les dykes sont généralement stériles et non porteurs de la minéralisation et l'autre N70 à N90 souvent à fissures minéralisées (Ougir, 1997).

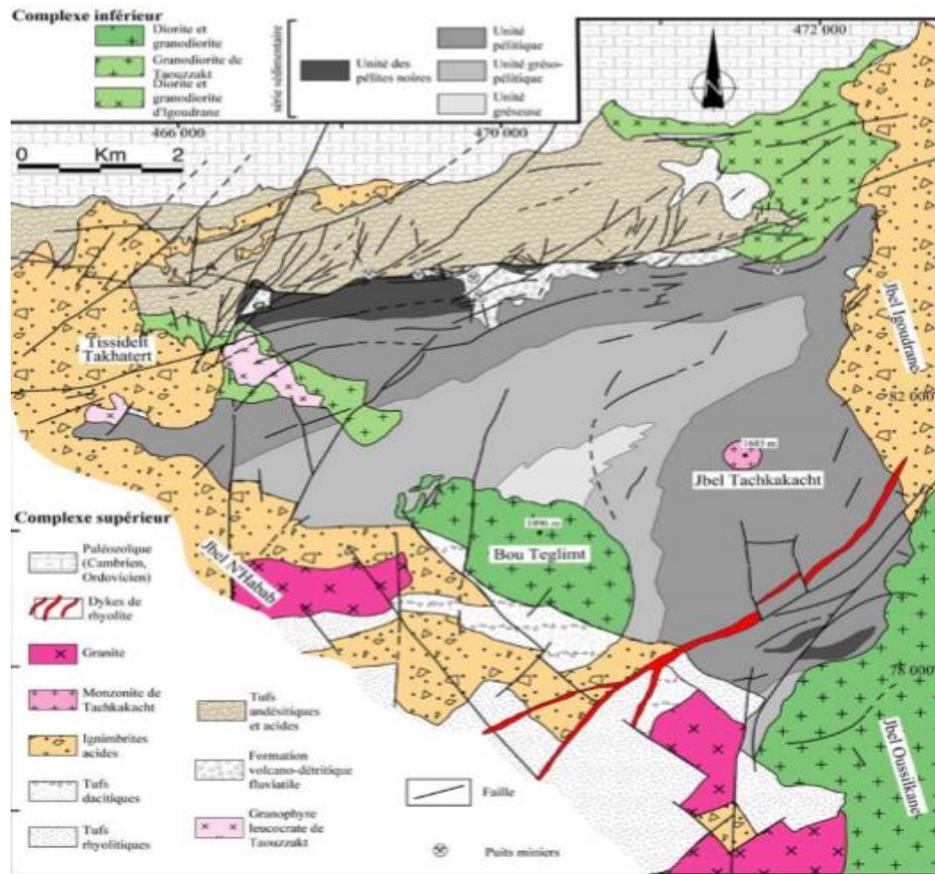


Figure 9 : Différents massifs plutoniques (Document SMI)

b) Contexte structural

L'histoire géologique d'Imiter commence par la formation d'un bassin en distension et le dépôt d'une épaisse série sédimentaire associée à un volcanisme bimodal à l'origine des 3 grands massifs plutoniques (Igoudrane, Taouzzakt et Bou Teglimt). Les précédentes études structurales (Ouguir et al, 1994), basées sur l'analyse des populations de failles, ont conclu à l'existence de deux phases compressives successives qui contrôlent la formation des veines qui composent le gisement. :

- a) le premier stade, associé à une tectonique extensive NNW–SSE à nord–sud, développe les veines quartzeuses ;
- b) le second, contrôlé par une tectonique décrochante senestre, est caractérisé par la formation de veines à gangue essentiellement dolomitique. D'après ces travaux, ces deux événements sont porteurs de la minéralisation, principalement composée d'amalgame Ag Hg, de sulfosels d'Ag, d'arsénopyrite et de sulfures à métaux de base.

Il y a un contrôle structural de la minéralisation, on ne trouve les pépites d'argent que dans les zones des filons minéralisés dans les couches du Néoprotérozoïque moyen et à la base de la série du Néoprotérozoïque terminal du côté sud de la faille d'Imiter. Aucune minéralisation n'a été reconnue du côté nord de la faille d'Imiter.

Ces deux phases sont associées aux phases de déformations Panafricaines B1 et B2 (Leblanc et Lancelot 1980). Une première compression B1 de direction développe des plis synschisteux orientés N030 à N060, et développe des anticlinaux et synclinaux déversés vers le sud (Ighid

1989 et Ouguir et al 1994). Une seconde compression B2 reprend les structures B1 et développe des plis d'axe N130. La tectonique hercynienne est peu développée dans la région. Elle se traduit essentiellement par des larges plis disharmoniques dans le Paléozoïque.

IV. Minéralisation

a) Genèse de la minéralisation

Différentes études menées ont permis de conclure à une mise en place polyphasée du gisement d'Imiter. En reprenant les travaux de Baroudi et al, 1999, la formation du gisement d'Imiter s'explique par une préconcentration primaire syngénétique au Néoprotérozoïque moyen, ayant joué un rôle essentiel dans l'origine du stock d'argent mobilisé à Imiter. Suivi par la mise en place des intrusions granitiques au Néoprotérozoïque terminal provoquent des reconcentrations successives. Les phénomènes de remaniement supergènes (oxydation et cémentation) constituent la dernière étape de ce modèle. Des stades d'altération récurrents, responsables de dissolutions et de néoformations minérales importantes au sein des structures les plus puissantes, sont observés sur l'ensemble de la mine. Des néoformations minérales sont observables et sont caractérisées principalement par des dépôts pulvérulents de couleur brunâtre d'oxydes de fer et la cristallisation d'argent natif.

Le modèle polyphasé de Baroudi (2002) caractérisé par des épisodes successifs de reconcentration tectono-métamorphique, magmatique et volcanique d'un stock d'argent syngénétique étroitement associé aux pélites noires. Trois stades de remobilisation ont affecté la minéralisation (Figure 10) :

- **Episode tectono-métamorphique** très modeste à pyrite, mispickel, argentite, polybasite, chalcopryrite, sphalérite et galène,
- **Episode hydrothermal à sulfures précoces** à gangue carbonatée déposé dans des conditions mésothermales ($\leq 400^{\circ}\text{C}$). L'Ag n'est que sous forme de traces dans les sulfures,
- **Episode hydrothermal argentifère** renfermant une paragenèse très variée à métaux argentifères et sulfures. Elle est marquée par deux stades successifs :
 - **Stade I** en veines et filonnets de carbonates et/ou quartz : le mélange d'un fluide aqueux d'origine magmatique et d'un fluide météorique hypersalin provoque la précipitation au niveau des dislocations E-W suite à une diminution de la température et de la salinité et d'une augmentation du pH,
 - **Stade II** lié à une bréchification majeure dans un régime cisailant à composante extensive contemporaine d'une activité hydrothermale. Ces phénomènes sont à l'origine de l'individualisation de plaques d'Ag-Hg, dans des conditions épi à mésothermale.
- **Un épisode tardif supergène** d'importance mineure achève le système argentifère d'Imiter.

Par opposition à Levresse (2001) qui suggère une origine mantellique pour ces métaux, Baroudi (2002) envisage un transport de l'argent en solution chlorurée et donc une origine proximale des métaux.

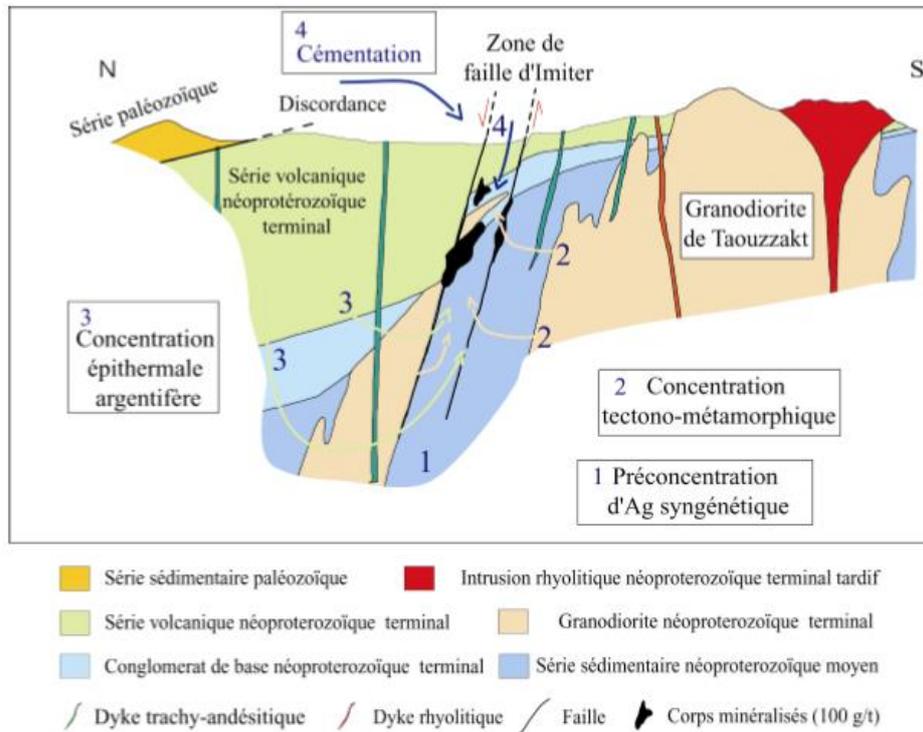


Figure 10: Modèle génétique issue de la synthèse de Baroudi et al, 1999

b) Typologie des corps minéralisés

Trois types de corps ont pu être identifiés à Imiter :

- Des corps sous forme d'amas subhorizontaux se concentrent au contact des -formations du socle Néoprotérozoïque moyen avec la couverture volcano-sédimentaire Néoprotérozoïque terminal.
- Des filons à pendage nord, encaissés dans les pélites associées aux phases compressives à jeux multiples.
- Des filons à pendage sud, sécants sur la lithologie, ils ont été mis en évidence récemment. Ils sont sous forme de fentes internes liées aux phases compressives

Tous les corps minéralisés présentent des textures rubanées ou béchiques ou les éléments de l'encaissant (socle, couverture et dykes) sont cimentés par une gangue de quartz et/ou carbonates (dolomie et/ou calcite).

c) Inventaire des minéraux au niveau du gisement d'Imiter

Les différentes études réalisées sur les différents corps minéralisés de la mine (Baroudi, 2002 et Popov, 1995) ont permis de reconnaître les phases minérales suivantes :

Minéral	Formule cristallochimique	Minéral	Formule cristallochimique
Ag- amalgame	AgHg	Kaolinite	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
Arsénopyrite	FeSAsS	Limonite	$\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$
Ag-natif	Ag	Loellingite	FeAs_2
Argentite	Ag_2S	Malachite	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$
As-polybasite	$\text{Ag}_{12}\text{Cu}_4\text{As}_{1,5}\text{Sb}_{0,5}\text{S}_{11}$	Marcassite	FeS_2
Bomite	Cu_5FeS_4	Muscovite	$\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$
Covellite	CuS	Pearcéite	$\text{Ag}_{16}\text{As}_2\text{S}_{11}$
Cinabre	HgS	Proustite	Ag_3AsS_3
Calcite	CaCO_3	Pyrargyrite	Ag_3SbS_3
Cérusite	PbCO_3	Pyrite	FeS_2
Chalcopyrite	CuFeS_2	Quartz	SiO_2
Chlorite	$(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_{12}[(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20}](\text{OH}-\text{F}-\text{Cl})_{16}$	Rutile	TiO_2
Cobaltite	CoAsS	Smithsonite	ZnCO_3
Dolomite	$(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$	Sphalérite	ZnS
Erythrine	$\text{Co}_3(\text{AsO}_4)_2\delta_{(\text{H}_2\text{O})}$	Stéphanite	Ag_5SbS_4
Galène	PbS	Sternbergite	AgFeS_3
Freibergite	$\text{Ag}_{7,2}\text{Cu}_{1,6}\text{Fe}^{2+}_{1,2}\text{Sb}_3\text{AsS}_{13}$	Tétraédrite	$(\text{Cu}, \text{Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$
Gersdorphite	NiAsS		
Imitérite	Ag_2HgS_2		

Tableau 1 Liste complète des minéraux répertoriés au niveau du gisement argentifère d'Imiter (Baroudi, 2002)

CHAPITRE II : Etude macroscopique de la minéralisation et identification de la lithologie

Sondage carotté

Notre travail de terrain a débuté par une étude des sondages carottés. Cette étude nous a permis de nous familiariser avec les différents faciès existants au niveau de la boutonnière d'Imiter, ainsi qu'identifier globalement la minéralogie.

Les sondages d'exploration sont un outil indispensable pour la recherche des gisements, mais aussi pour une meilleure connaissance du socle rocheux en général. Ils fournissent la meilleure qualité d'échantillonnage et permettent de qualifier à la fois la nature et l'état des sols. La réalisation d'un sondage carotté passe par différentes étapes :

- i. Orientation des recherches: (premier indice) des forages ont pu avoir déjà été faits dans la région pour des minéraux, pétrole, eau... Si les carottes, logs ou coupes de sondage sont disponibles, c'est une première information pour orienter les travaux.
- ii. Reconnaissance: forages faits pour établir des coupes stratigraphiques ou des informations lithologiques. Spécialement dans des régions de gisements stratiformes.
- iii. Investigation de région cible: les informations souterraines renseignent sur la structure, la stratigraphie, le zonage et servent de points d'interprétation des données géophysiques.
- iv. Vérification des cibles: le forage montre la présence ou l'absence de minéralisation. Si des indices encourageants sont révélés, la cible devient un prospect.
- v. Évaluation: la minéralisation est délimitée et échantillonnée pour déterminer son tonnage, sa teneur et évaluer s'il s'agit d'un gisement.
- vi. Préproduction: Le prospect s'achemine vers l'étape de la mine. D'autres forages délimitent mieux le gisement. On procède au calcul des réserves, aux investigations géotechniques et métallurgiques et on planifie le cheminement du développement éventuel de la mine.
- vii. Mine: les forages se poursuivent pour délimiter des blocs supplémentaires (sous la direction de l'ingénieur minier et du géologue) et pour obtenir les informations pour planifier l'implantation de la mine.
- viii. Production ou cul-de-sac: Si les réserves délimitées sont insuffisantes pour les conditions du marché, on aboutit à un cul-de-sac.

I. Description d'un sondage carotté

Nous avons procédé à la description du sondage fond carotté SFC 1770/+4 qui a été effectué au niveau de la zone d'Imiter I (figure 3). Il nous a été impossible de réaliser une description des carottes du puits 4 ou de celui d'Igoudrane, qui constituent les bordures de notre zone d'étude. Elles n'étaient pas disponibles à la carothèque.

SFC 1770/+4	
COTE (en m)	DESCRIPTION
0-4	Grès avec veinules de pyrite et veinules de quartz ; taux de récupération 72.5 %
4- 4,4	Grès altéré avec chlorite et minéraux ferromagnésiens
4,4 -6,1	Grès avec pyrite en veine et dolomie en veine
6,1-7,4	Pélites noire avec veine de pyrite
7,4- 18,1	Grès avec intersection de 24 cm de pélites à veines de dolomie rose et pyrite
18,1-18,85	Gés altéré, chlorites à pyrite et ferromagnésiens avec fentes de quartz
18,85-25,84	Grès à veinules de dolomie rose et quartz, pyrite, chlorite chalcopryrite et arsénopyrite Brèche hydrothermale à ciment carbonaté
25,84-26,68	Gréso-pélite
26,68-37,60	Grès à veines de dolomies rose
37,60-37,80	Pélites noire
37,80-45,90	Grès a dolomie rose accompagnée de pyrite, quartz et chalcopryrite
45,90-46,47	Grès altéré chloritisé avec dolomie et ferromagnésiens
46,67-58,49	Grès à fonte de dolomie rose bréchifiée
58,49-62,74	Pélite noire à fentes de quartz
62,74-71,70	Gréso-pélite à veine de quartz et pyrite et dolomie rose
71,70-73	Pélite noire
73-77	Grès avec brèche hydrothermale à ciment dolomitique, avec de la sphalérite, galène et pyrite et argent natif
77-78,15	Pélite à fente de quartz
78,15-79,30	Pélite avec brèche à ciment quartzeux avec pyrite, sphalérite et arsénopyrite
79,30-80,40	Pélite noire avec fente de quartz et dolomie rose
80,40-81,55	Brèche hydrothermale à ciment quartzeux accompagné de galène, pyrite et chalcopryrite
81,55-88,84	Gréso-pélite riche en quartz et dolomie rose sous forme de brèche
88,84-90,15	Filon de quartz avec chalcopryrite, chlorite
90,15-91,80	Grès a fente de dolomie rose
91,80-92,64	Pélites noire tachetée de cordiérite

Tableau 2 : Description du SFC 1770/+4

II. Identification de la lithologie et de la minéralisation

En se basant sur la description du sondage que nous avons faite, nous sommes arrivés à la conclusion que d'une façon générale les faciès qui ont été rencontrés sont: les pélites noires, les grès, les grésopélites, les pélites gréseuses, la dolomie rose souvent porteuse de minéralisation, le quartz. On note également la présence de nombreux dykes acides et basiques.

1. Lithologie

i. Les pélites noires :

Généralement, ce sont des roches sédimentaires, argileuses et détritiques. Elles ont un aspect noirâtre, indice de la richesse de ces roches en matière organique. (Figure 11)

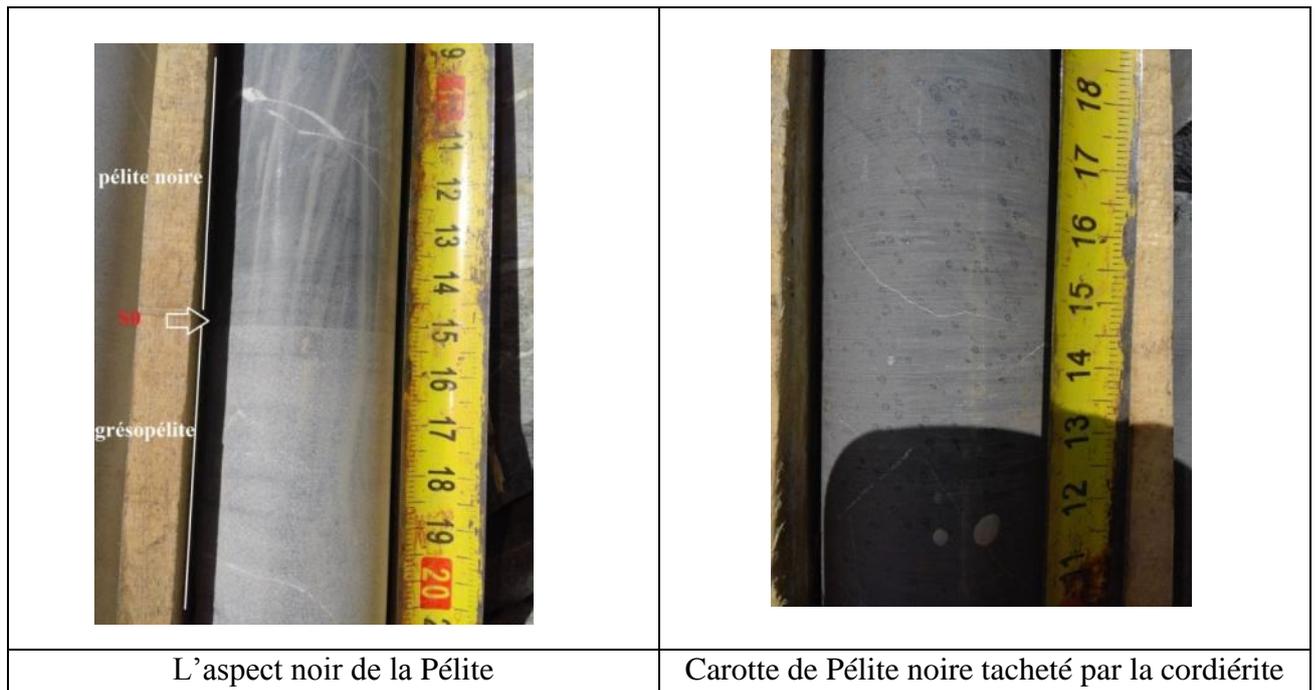


Figure 11 : Carotte de pélites noires

ii. Les grésopélite et les pélites gréseuses :

On peut aussi rencontrer deux faciès intermédiaires entre les pélites et les grès ; on parle des pélites gréseuses (rares) ou des grésopélites (plus abondants) dont la nature de chaque faciès est déterminée suivant le pourcentage de la silice dans la roche étudiée. (Figure 12)



Figure 12: Carotte de grés-pélite

iii. Les veines de quartz :

Le quartz se présente sous forme de remplissage de veines, de fentes de taille différentes, de filons ou micro-filons ou encore en remplissage de forme géodiques. On trouve deux types de quartz :

-Le quartz blanc, généralement sans minéralisation. On peut le trouver associé à de la dolomie et parfois à de la pyrite au niveau des brèches. (Figure 13)

-Le quartz gris qui représente la gangue de la minéralisation. Il est toujours accompagné de sulfures associés à la minéralisation argentifère. (Figure 14)



Figure 13 : Des veines millimétriques de quartz blanc



Figure 14 : Fente de quartz gris contenant de la pyrite

iv. La dolomie rose :

On peut la trouver sous forme d'un remplissage de veinules au niveau de la structure principale (Imiter I) et au niveau de l'encaissant dans la totalité de la zone (Figure 16). Elle peut être minéralisée ou bien stérile (Figure 15). C'est le plus important faciès porteur de minéralisation (la gangue), puisqu'il se trouve dans la majorité des cas très riche en sulfures (galène, pyrite, chalcopryrite, sphalérite) et en plaques de l'argent au niveau de la structure principale (Imiter I).

	
<p><i>Figure 15 : Dolomie rose contenant de la galène</i></p>	<p><i>Figure 16 : Dolomie sous forme de veinules</i></p>

v. Brèche hydrothermales :

Elles sont obtenues après fragmentation de l'encaissant sous l'effet d'une contrainte tectonique, suivi d'une cristallisation de fluides hydrothermaux au niveau des vides. On obtient des éléments anguleux qui seront noyés dans une matrice dolomitique ou quartzeuse. Les brèches sont très importantes pour la recherche des failles remplies par de la minéralisation. (Figure 17)



Figure 17 : Carotte d'une brèche hydrothermale

vi. Les grès :

Ces roches sédimentaires sont très compactes, très dures et présentent un aspect microgrenu grisâtre. (Figure 18)



Figure 18 : Carotte de grès

2. Minéralogie

i. La minéralisation argentifère

La minéralisation argentifère est présente sous différentes formes (Figure 19):

- **Argent natif en plaquettes (Ag) :**

Il est observé sous forme de grains disséminés dans les pélites ou dans le quartz gris. On la retrouve également sous forme de plaquettes, ou en remplissage de fissures. Son origine pourrait résulter de processus supergènes.

- **L'argent noir :**

Il se présente sous forme de feuillet noirâtre, et observé généralement associée à de la galène et dans la dolomie rose.

- **L'argent rouge :**

Il est moins rencontré sur terrain et il est sous forme de grains disséminés avec un aspect rougeâtre.

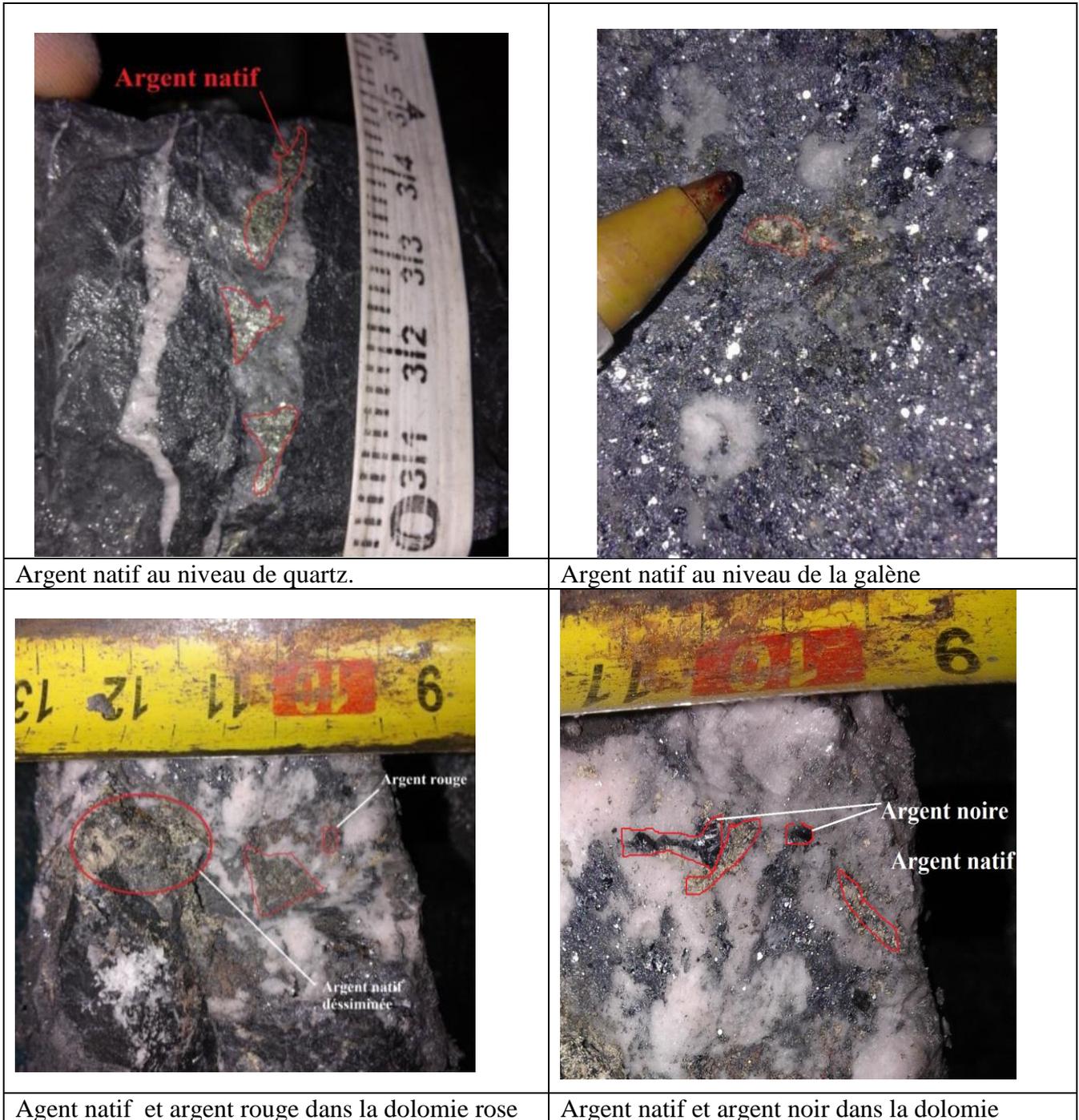


Figure 19 : Différents types d'argent rencontrés sur le terrain

ii. **Les minéraux accessoires :**

- **La pyrite (Fe₂S) :**

Elle a un aspect jaunâtre, se présente sous formes de cristaux automorphes disséminés (Figure 20), de remplissage de veines, sous forme de petits filons, ou sous forme de masse concentrée (Figure 21). C'est le sulfure le plus fréquent, puisqu' on le rencontre toujours le long de l'encaissant, et parfois on le trouve au niveau de la structure principale (Imiter I).

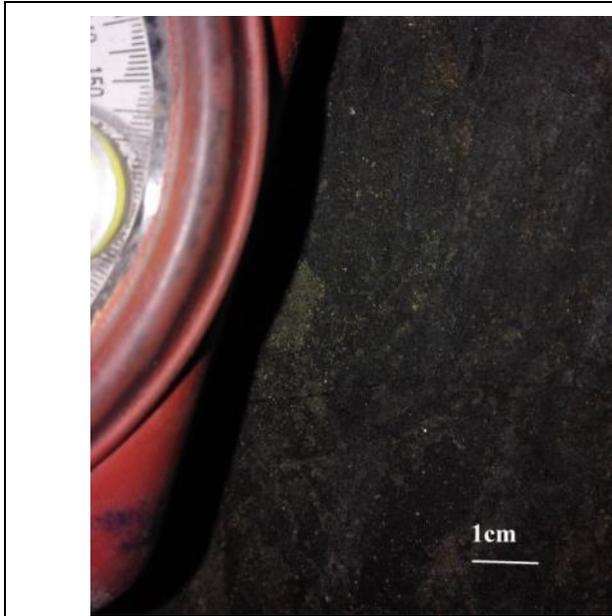


Figure 20: La pyrite sous forme disséminée dans les grés-pélites



Figure 21 : La pyrite en masse concentrée au niveau de quartz blanc

- **La galène (PbS) :**

La galène ou sulfure de plomb de formule chimique (PbS), de système cristallin cubique et qui est caractérisé par son aspect grisâtre montré par un éclat métallique est rencontré fréquemment dans la structure bréchifiée à dolomie rose, et comme un minéral accompagnateur d'argent. Elle se présente sous plusieurs formes : en remplissage de veines, en mouche ou le plus souvent sous forme d'une masse concentrée. (Figure 15)

- **La chalcopryrite (CuFeS₂) :**

C'est un sulfure de cuivre et de fer de formule chimique (CuFeS₂) et de système cristallin cubique. Elle a un éclat métallique et un aspect jaunâtre. Elle se présente sous plusieurs formes : disséminée, en mouche ou sous forme d'une masse concentrée. Elle est rare dans les deux structures F0 et F0S. Elle est rencontrée le plus souvent au niveau du quartz gris. (Figure 22)



Figure 22 : Masse de chalcopyrite avec du quartz gris

- **La sphalérite ou la blende (ZnS) :**

C'est un sulfure de zinc de formule chimique (ZnS) qui a un système cristallin cubique et un aspect violet à marron. Il est moins rencontré sur terrain par rapport aux autres sulfures, il se présente dans la plupart des cas sous formes de remplissage de veinules très minces, en petites masses concentrées. Elle est associée à la pyrite, chalcopyrite, à la galène et à l'arsénopyrite dans les plages polymétalliques. (Figure 23)

- **L'Arsénopyrite (AsFeS) :**

C'est un sulfure de fer de formule chimique (AsFeS) qui a un système cristallin cubique et un aspect marron. Il est moins rencontré sur terrain par rapport aux autres, il se présente dans la plupart des cas sous formes des veinules très minces ou sous forme automorphe disséminée. Il est présent dans les polymétalliques, associé à la galène, la blende, chalcopyrite, la pyrite et aux minéraux d'argent (amalgame, polybasite et pyrargyrite). L'arsénopyrite est souvent corrodé par l'ensemble des minéraux précités. (Figure 24)



Figure 23 : Blende associée à de la dolomie et de la galène

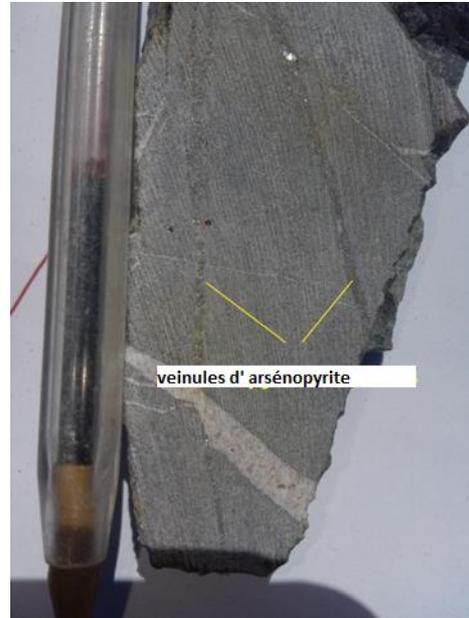


Figure 24 : veinules d'arsénopyrite dans du grès

CHAPITRE III: Carte et coupes géologiques

Notre travail a été réalisé dans la zone de Tachkakachte située à l'est de la mine d'Imiter. Nous avons réalisé différentes coupes géologiques entre le puits 4 et le puits d'Igoudrane, le but étant de nous permettre d'identifier les structures et d'établir des corrélations entre les différentes coupes et d'en ressortir une carte de synthèse. Il s'agissait également pour nous de se familiariser avec le travail d'exploration de surface et d'utiliser les informations obtenues lors de l'étude des sondages carottés.

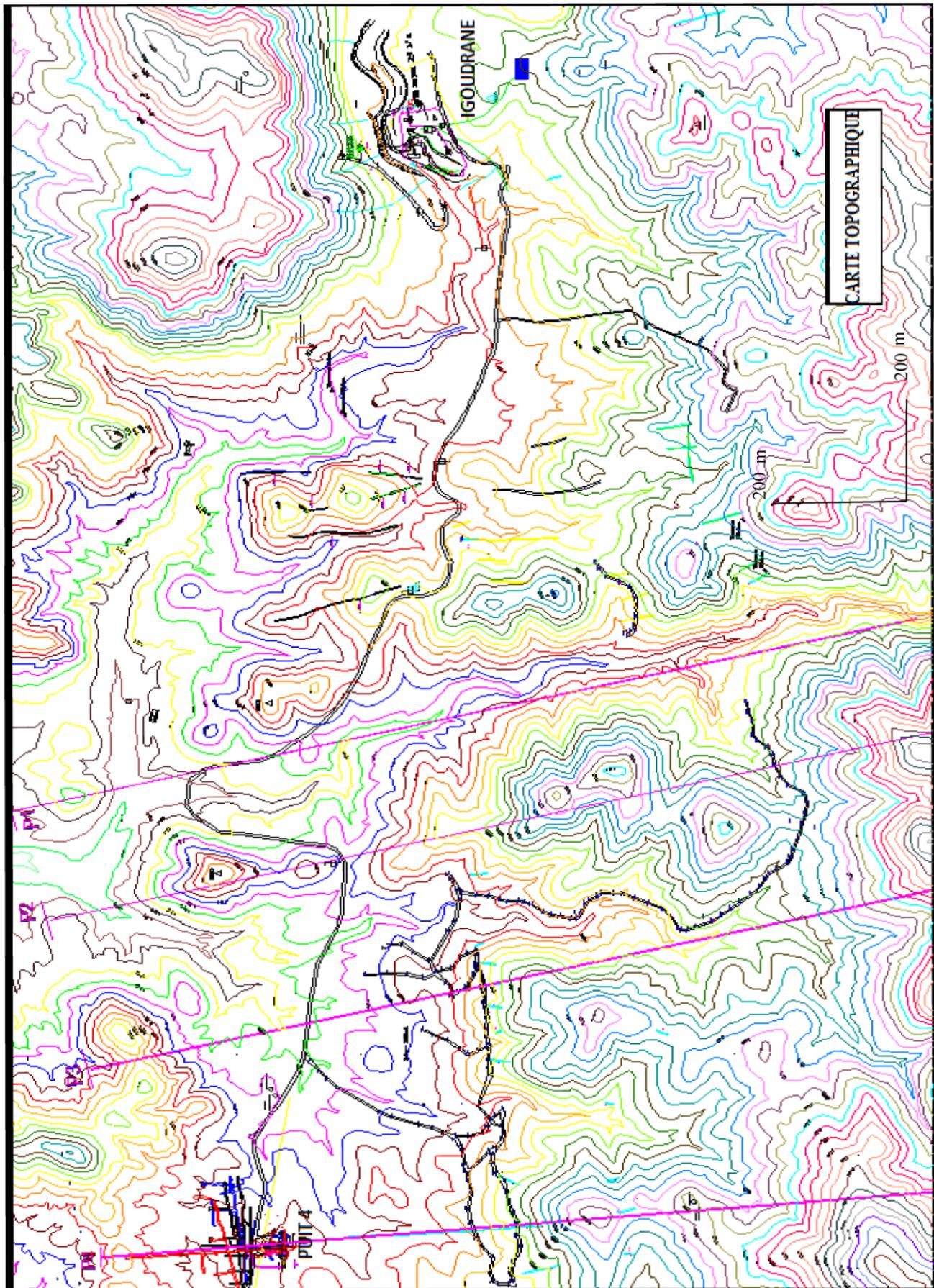


Figure 25 : Carte topographique de la zone de Tachkakachte avec localisation des coupes effectuées

I. Coupes Géologiques

Nous avons réalisé 4 coupes géologiques à échelle 1/2000 suivant les profils de la figure 25. Nous avons identifié les structures ainsi que la lithologie de nos différents tracés. Les différentes coupes numériques ci-dessous réalisées grâce au logiciel Adobe Illustrator, correspondent avec le plus de fidélité possible aux coupes originales réalisées sur papier millimétré.

N 346

N 166

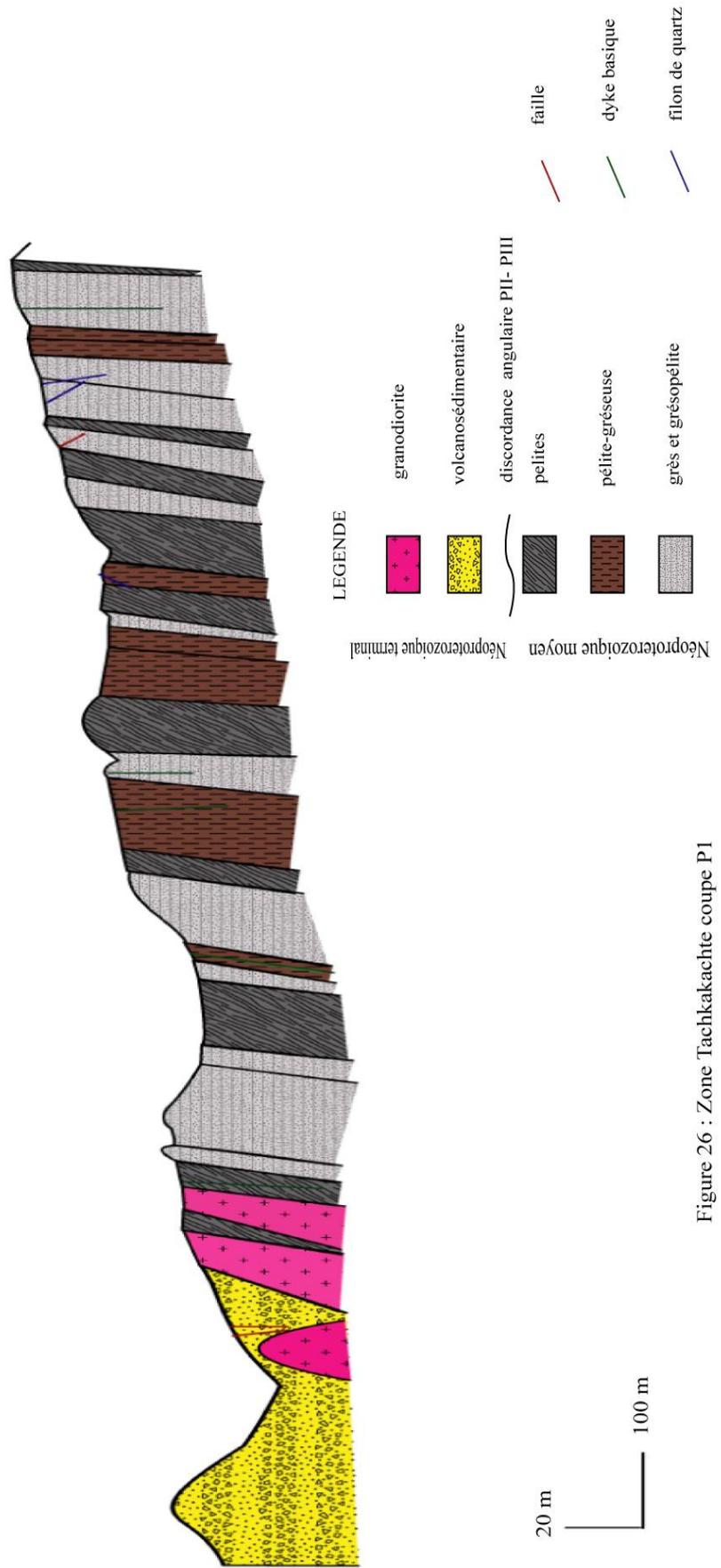


Figure 26 : Zone Tachkakachte coupe P1

N 346

N 166

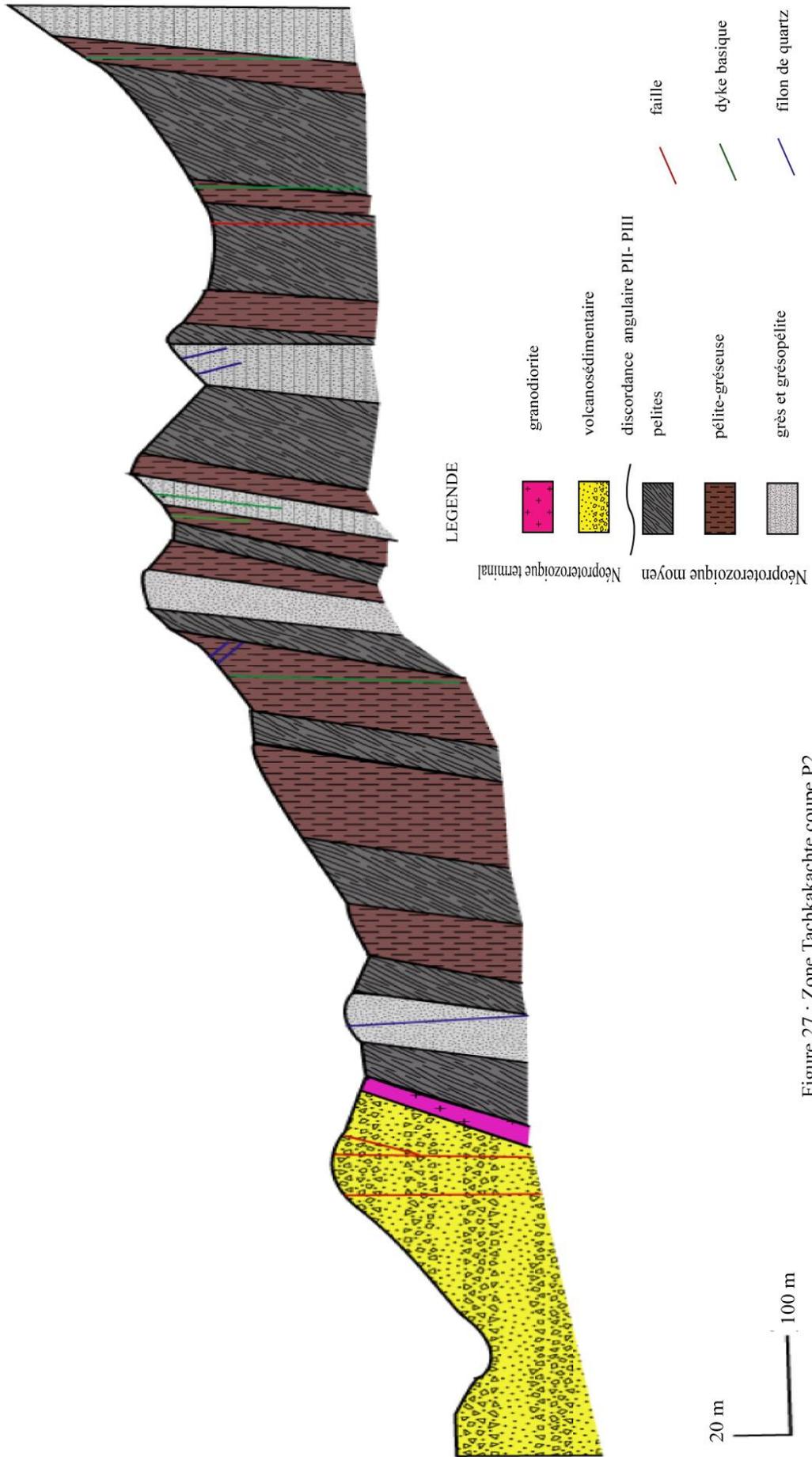


Figure 27 : Zone Tachkakachte coupe P2

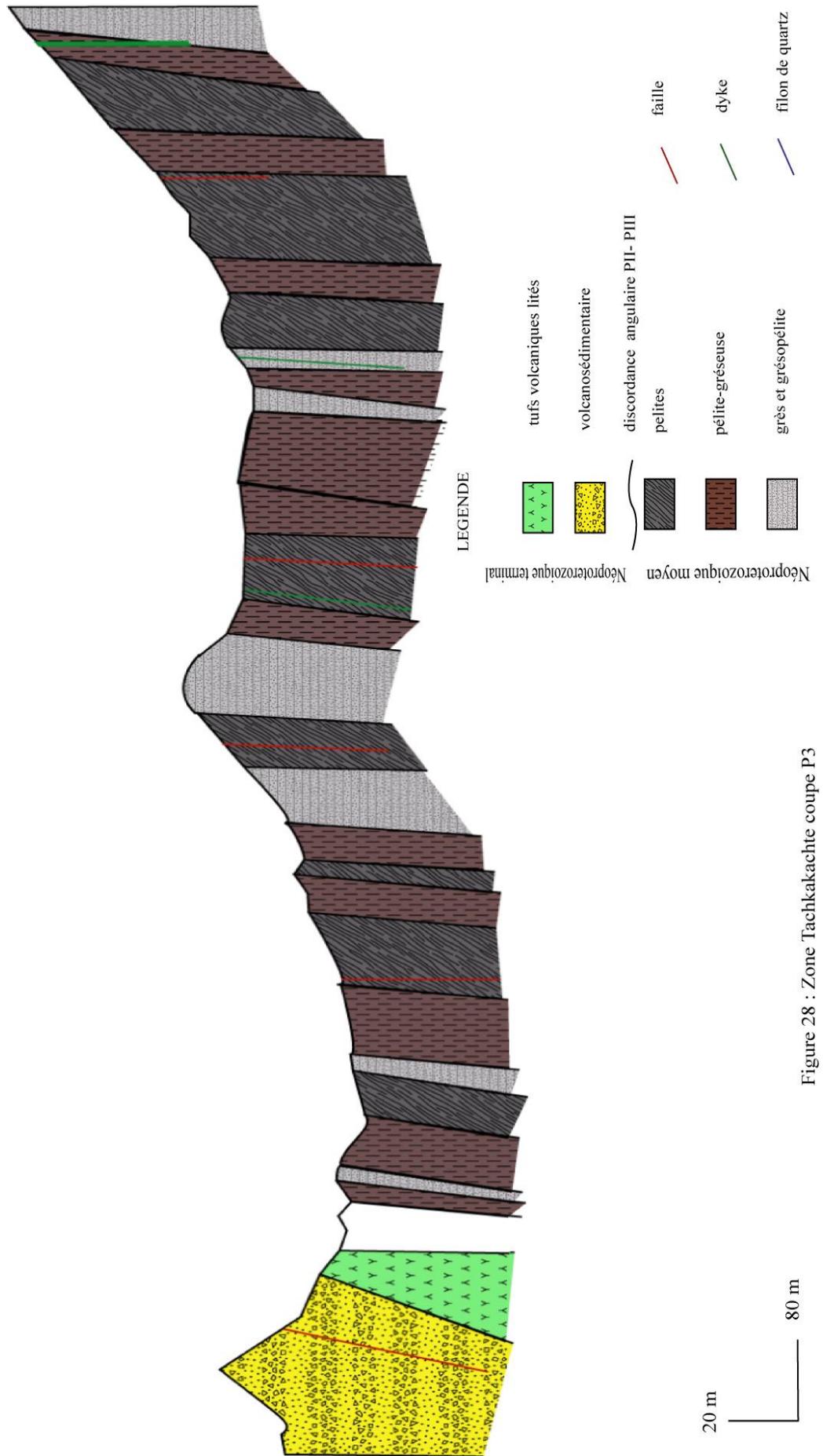


Figure 28 : Zone Tachkakachte coupe P3

N 176

N 356

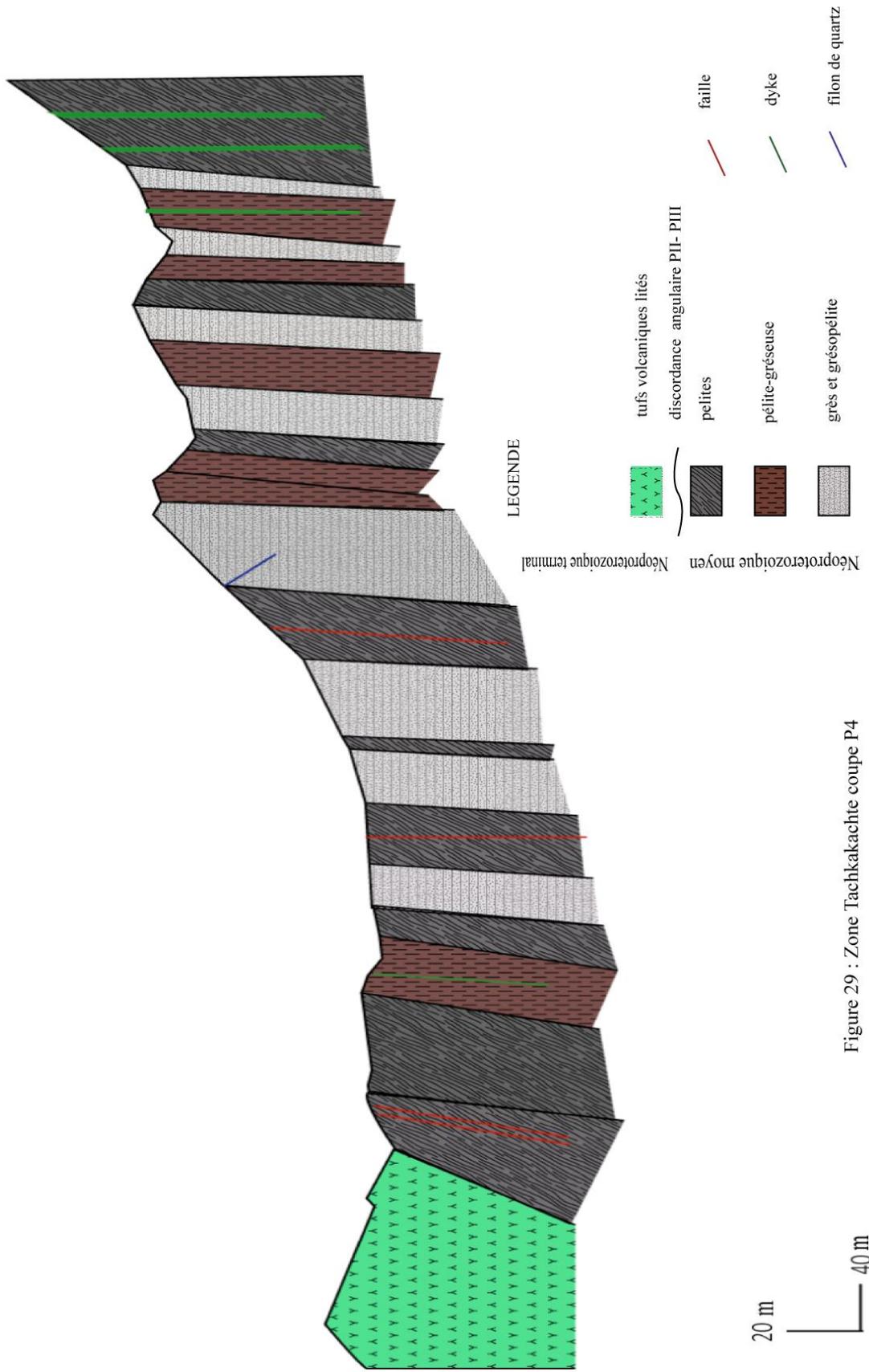


Figure 29 : Zone Tachkakachte coupe P4

II. Synthèse et corrélation

1. Lithologie de la zone d'étude

Dans notre secteur d'étude (Tachkakachte), plusieurs faciès ont été rencontrés:

- Les pélites
- Les grès
- Les grésopélites
- Les pélites gréseuses
- Les dykes basiques
- Les intrusions acides
- Les filons de quartz
- Le volcano-sédimentaire

a) Les grès :

Dans notre secteur de travail, ces roches sédimentaires, très compactes, présentent un aspect microgrenu grisâtre parfois noir. Les grès qui sont situés à proximité des dykes basiques contiennent de la pyrite et/ ou des minéraux ferromagnésiens, ils sont généralement oxydés en surface et avec des minéraux chloritisés. Ils représentent des structures une direction générale allant de N70 à N80 et avec un pendage allant de 65° à 80° vers le Nord.



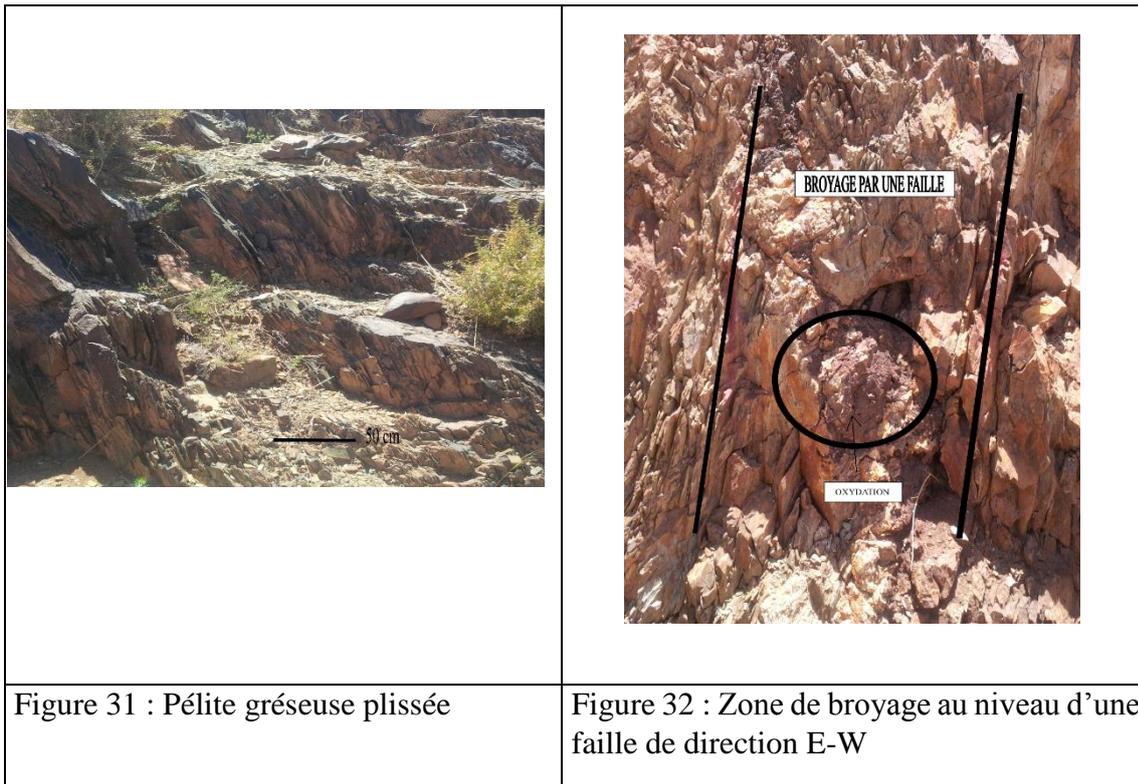
Figure 30 : Bancs de grès avec un pendage N70

b) Les pélites :

Sur le terrain les couches de pélites sont généralement très érodées et on peut observer la forme caractéristique en lamelle des débris de pélites. Nous avons observé des pélites vertes, ainsi que des pélites noires au contact entre le Néoprotérozoïque moyen et le Néoprotérozoïque terminal. Les zones pélitiques sont caractérisées une direction allant de N75 à N85 et par un pendage plus ou moins fort, généralement de 80 à 85 vers le Nord. Elles se trouvent parfois plissées et affectées par un métamorphisme général de moyenne pression conduisant à un faciès à amphibolite. Celui-ci a donné naissance à une schistosité remarquable plus ou moins parallèle à la stratification.

c) Les grésopélites et les pélites gréseuses :

Ce sont des roches intermédiaires entre les pélites et les grès. La distinction sur le terrain est faite en fonction de la teneur en grain de quartz et aussi de la compétence. Lorsque la teneur en quartz est élevée on parle de grésopélite et dans le cas contraire on parle de pélitegréseuse. Précisément, à Tachkakachte, et à partir de coupes géologiques correspondantes, on peut faire sortir ses caractéristiques ci-après : une direction générale entre N65 et N110 et un pendage plus fort qui varie entre 75N à 85N et qui reste le même sans changement. Ils présentent des zones d'oxydation dans quelques endroits qui indiquent des zones de broyage par les failles.



d) Les filons de quartz

Il s'agit de filons de quartz blanc dont l'épaisseur peut aller du centimètre au mètre et peut s'étendre sur plus d'une centaine de mètre. On retrouve aussi du quartz dans de petites veines dans les grès, ou en remplissage de fente. Ils se présentent en directions différentes variant entre N30, N45 et N85 avec des pendages souvent vers le Sud.

e) Dykes

Nous avons observé de nombreux dykes andésitique qui recoupent les autres faciès. Nous n'avons pas trouvé de dyke pouvant être associé à la minéralisation argentifère. Les dykes acides sont rares dans cette zone.

Les dykes que nous avons observé présentaient une couleur verdâtre, une extension métrique avec 1 m d'épaisseur en moyenne, une direction de N35 à N100 le plus souvent N85 et un pendage de 80N à vertical.

f) Les Intrusions acides

Il s'agit de granodiorites, qui affleurent généralement au niveau de contact Néoprotérozoïque moyen / Néoprotérozoïque terminal.

g) La formation volcano-sédimentaire

Sur le terrain, les roches volcano-sédimentaires marquent la limite entre le Néoprotérozoïque moyen et le Néoprotérozoïque terminal avec une discordance angulaire. Ces roches ne sont pas compétentes, mais à certains endroits on peut observer des zones compétentes présentant un litage. Ces roches sont formées par des débris des roches du Néoprotérozoïque moyen (grès, pélites), liés par un ciment volcanique. La direction générale des couches est comprise N40 et N45 général pour un pendage d'environ 40° vers le Nord.



Figure 33 : Volcano-sédimentaire

h) Les tufs volcaniques

Il s'agit de tufs andésitique lités, de couleur verte. Ils présentent une direction N40 et un pendage faible allant de 25N à 35N.

2. Etude structurale

a) Tectonique cassante

Afin d'obtenir une idée sur la tectonique cassante de notre domaine d'étude ; la propagation des failles et leur classification et en utilisant les mesures prises sur le terrain, on a recouru au logiciel DIPS qui a pour objectif la réalisation d'une projection stéréographique sur le CANEVAS de Wolff et une rosasse qui donne les familles de failles rencontrées et qui sont montrés dans les deux figures ci-après :

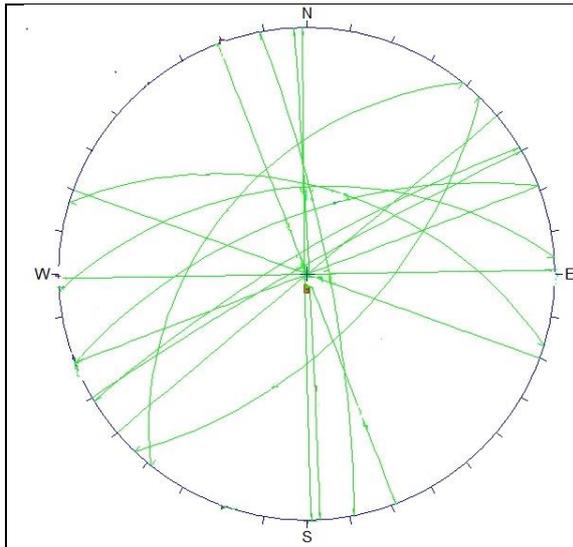


Figure 34: La projection stéréographique des failles rencontrées

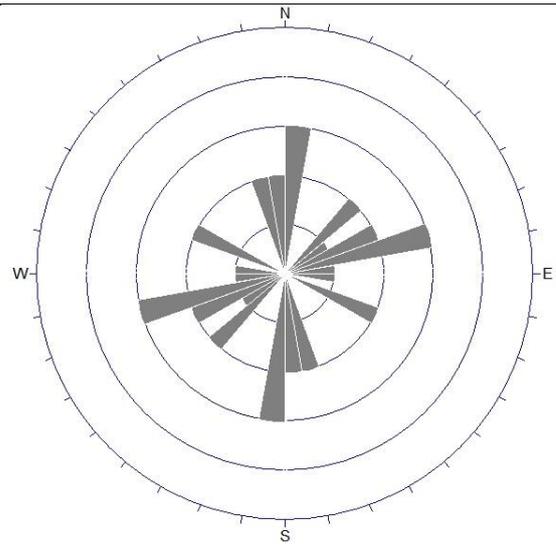


Figure 35: La rosasse montrant les familles de failles rencontrées

La projection stéréographique des différentes failles rencontrées montre que la majorité des failles ont un pendage généralement fort.

D'après la rosasse des différentes failles montre qu'il existe deux familles de failles très importantes du point de vue structural d'où on distingue :

i. Famille de direction E-W :

Cette famille regroupe l'ensemble des failles ayant une direction E-W et qui sont généralement parallèles à la faille d'Imiter (c'est le cas de la structure F1 rencontrée près du Puits 4 et les autres failles rencontrées au niveau des terrains de Tachkakachte). Elles sont liées à l'orogénèse panafricaine (Tuduri, 2005). Ces failles sont caractérisées sur le terrain par un pendage plus fort de 75 à 85, mais peut être faible en quelques endroits, dont sa valeur peut arriver jusqu'à 50.

ii. Famille de direction NNE-SSW:

Cette famille regroupe l'ensemble des failles ayant une direction variable entre N20 et N50 des fois N. Cela nous conduit à conclure qu'elles sont liées à la phase tectonique hercynienne (Tuduri, 2005). Elles sont essentiellement postérieures à la famille des failles E-W précédemment décrit avec des puissances centimétriques et des extensions allant de dizaines à des centaines des mètres, et qui sont représentées principalement par des couloirs bréchifiés.



Figure 36 : Faille de direction NNE-SSW affectant des bancs gréseux et pélitiques

b) Tectonique souple

i. Les plis

Comme on a déjà mentionné à la phase généralité, le socle sédimentaire Néoprotérozoïque inférieur (PII) a été structuré par deux grandes phases de déformation compressives successives qui sont associées aux deux phases panafricaines B1 et B2. Sur le terrain, ces deux phases sont caractérisées par l'existence de plis à grands rayons de courbure ayant respectivement les directions NNE-SSW et NNW-SSE.

Le plissement dans notre domaine est rencontré généralement au niveau des pélites à cause de leur élasticité, et ils sont matérialisés dans les zones suivantes :

- Au niveau de profil 1 (P1) de la zone étudiée au niveau d'oued Tachkakachte où on a un plissement de la S0. Il montre un plan axial de direction moyenne N20, 50E.
- Au niveau de profil 2 (P2), les pélites situées à la limite Néoprotérozoïque moyen et Néoprotérozoïque terminal sont affectées par un plissement caractérisé par un plan axial de direction N65, 30N.



Figure 37 : Plis avec un axe N70 affectant des grés-pélites

ii. Schistosité de crénelation

Dans ce type de schistosité on a une individualisation nette du plan qui correspond au flan du micropli et les microlithes correspondent aux charnières du micropli. La surface de schistosité est déformée par des microplis rapprochés, parallèles entre eux et souvent aigus.

Ce type de la schistosité est rencontré dans les pélites presque de toute la zone. Donc Le secteur d'étude correspond à un ensemble de nœuds tectoniques souples et cassants. Cette tectonique est liée essentiellement à l'orogénèse panafricaine responsable au soulèvement des chaînes Anti-Atlasiques.

3. Carte de synthèse et corrélation

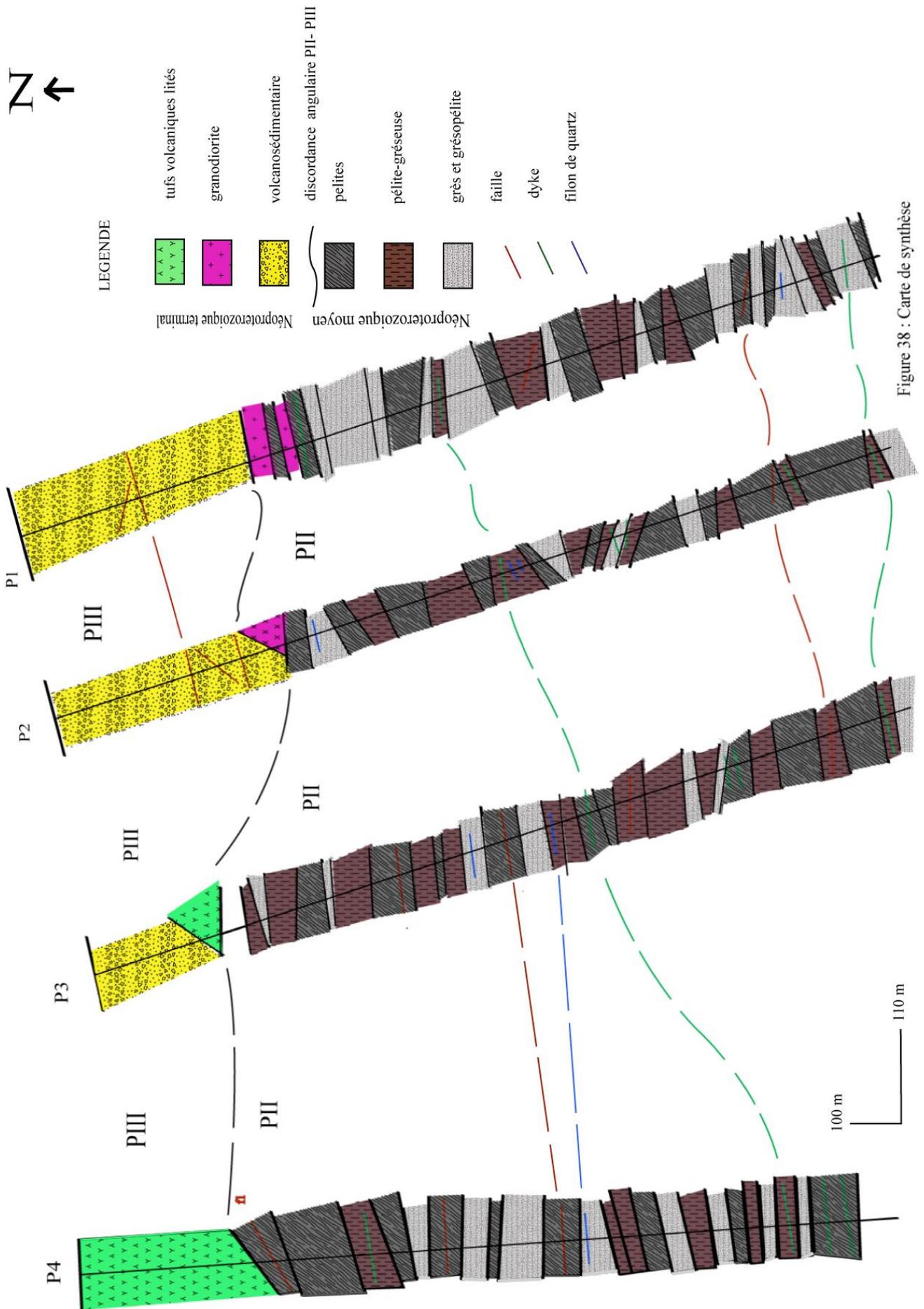


Figure 38 : Carte de synthèse

Conclusion :

Grace aux données fournies par les différentes coupes réalisées, nous avons réalisé la carte de synthèse ci-dessus (Figure 38) qui présente en vue de dessus la lithologie ainsi que les différentes structures rencontrées sur le terrain. La carte de synthèse nous permet d'avoir une idée sur la limite entre le Néoprotérozoïque moyen et le Néoprotérozoïque terminal, et nous avons également pu établir des correspondances entre différentes structures.

Notre analyse des dykes nous a permis d'établir des correspondances entre différents dykes et ainsi estimer qu'il pourrait s'agir de structures identiques qui traversent toute la zone d'étude. (Figure 38)

De même, de nombreux filons de quartz d'une trentaine de centimètre d'épaisseur, de direction N80 avec un pendage de 20 à 25 ° vers le Sud recoupent les faciès des coupes P4 et P3. Nous avons ainsi déterminé qu'il s'agit de la même structure. (Figure 38)

Le secteur étudié est le siège d'une tectonique cassante importante qui se traduit par des structures faillées de directions variables. En se basant, sur les observations faites sur terrain et la projection stéréographique des failles de la zone étudiée, on note la présence de deux grandes familles : une famille de direction E-W et une autre de direction NNE-SSW (Figure 34 et Figure 35). La famille de direction E-W est liée à l'orogénèse panafricaine tandis que la famille NNE-SSW est liée à l'orogénèse hercynienne (*Tuduri, 2005*).

Le socle sédimentaire Néoprotérozoïque inférieur a été structuré par deux grandes phases de déformation compressives successives (*Ouguir et al. 1994*) qui sont associées aux deux phases panafricaines B1 et B2 définies par (*Leblanc, 1973 ; Leblanc et Lancelot, 1980*). Sur le terrain, ces deux phases sont caractérisées par l'existence des micro-plis et de plis à grands rayons de courbure (anticlinaux et synclinaux). La phase B1 de l'orogénèse panafricaine est responsable des plis de direction NNE-SSW, tandis que la phase B2 est responsable des plis de direction NNW-SSE.

Liste des figures :

Figure 1 : Domaines Structuraux du Maroc

Figure 2 : L'Anti-Atlas et ses boutonnières (Gasquet et al, 2008)

Figure 3 : Carte géologique du Jbel Saghro, d'après Hindermeyer et al., (1977)

Figure 4 : Localisation de la mine et formation géologique de l'Anti-Atlas

Figure 5 : Carte géologique du district minier d'Imiter

Figure 6 : Localisation des différents corps minéralisés de la mine

Figure 7 : Coupe N-S passant la discordance angulaire entre le Néoprotérozoïque moyen (PII) et Néoprotérozoïque (PIII)

Figure 8 : Log stratigraphique simplifié d'Imiter

Figure 9 : Localisation des différents massifs plutoniques

Figure 10 : Modèle génétique issue de la synthèse de Baroudi et al, 1999

Figure 11 : Carotte des pélites noires

Figure 12 : Carotte de grés-pélite

Figure 13 : Des veines millimétriques de quartz

Figure 14 : Fente de quartz grès contient la pyrite

Figure 15 : Dolomie rose très riche en galène porteuse de la minéralisation

Figure 16 : Dolomie sous forme des veinules

Figure 17 : Carotte de brèche hydraulique

Figure 18 : Carotte de grès

Figure 19 : Différents types d'argent rencontrés sur le terrain

Figure 20 : La pyrite sous forme disséminée dans les grés-pélites

Figure 21 : La pyrite en masse concentrée au niveau de quartz blanc

Figure 22 : Masse de chalcoppyrite avec de quartz gris

Figure 23 : Blende associée à de la dolomie et de la galène

Figure 24 : Veinules d'arsénopyrite contenues dans du grès

Figure 25 : Carte topographique de la zone de Tachkakachte

Figure 26 : Zone Tachkakachte coupe P1

Figure 27 : Zone Tachkakachte coupe P2

Figure 28 : Zone Tachkakachte coupe P3

Figure 29 : Zone Tachkakachte coupe P4

Figure 30 : Bancs de grès de direction N70

Figure 31 : Pélite gréseuse plissée

Figure 32 : Zone de broyage au niveau d'une faille de direction E-W

Figure 33 : Volcano-sédimentaire

Figure 34 : La projection stéréographique

Figure 35: La rosasse des failles

Figure 36 : Faille de direction NNE-SSW

Figure 37 : Plis avec un axe N70 affectant des grés-pélites

Figure 38 : Carte de synthèse

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Liste complète des minéraux aux répertoires au niveau du gisement argentifère d'Imiter

Tableau 2 : Description du SFC 1770/+4

Bibliographie

- BAROUDI Z., 2002.** *Le gisement Ag-Hg d'Imiter (Anti-Atlas Oriental) : Minéralisations, fluides associés et conditions de dépôt.* Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Université Hassan II, Mohammedia, 155 p.
- BOUMILA A., BERKOOCH K. 2016.** *Suivi de la production et étude géologique et minéralogique des structures à pendage Sud à Imiter sud.* Document interne Société métallurgique d'Imiter
- CHOUBERT G., 1947.** *L'accident majeur de l'Anti-Atlas.* Comptes Rendus de l'Académie des sciences de Paris 285(D) : 641-644
- CHOUBERT G., 1963.** *Histoire géologique du Précambrien de l'Anti-Atlas de l'Archéen à l'aurore des temps primaires.* Notes et Mémoires du Services Géologique du Maroc
- EL AAROSSI N., 2013.** *Caractérisation Péetrographique et géochimique des carbonates associés à la minéralisation argentifère d'Imiter.* Mémoire master FSTG université Cadi Ayyad, Marrakech.
- EL HMIDI F., 2015.** *Synthèse des données géophysique de la SMI.* Document interne Société métallurgique d'Imiter
- GRAPPES J., 1976.** *L'ancien gisement d'argent d'Imiter (Djebel Saghro Maroc) : Thèse Docteur Ingénieur de l'Université Claude- Bernard Lyon.*
- IGHID L., 1989.** *Géométrie et cinématique de la déformation panafricaine majeure dans la boutonnière d'Imiter (Saghro oriental, Anti-Atlas, Maroc).* Thèse de 3^{ème} cycle, Université Cadi Ayyad
- IGHID L., SAQUAQUE., REUDER I., 1989.** *Plutons syn-cinématique et la déformation panafricaine majeure dans le Saghro oriental (boutonnière d'Imiter, Anti-Atlas, Maroc).* Comptes rendus de l'Académie de Sciences de Paris 309 (II) : 615-620
- LEBLANC M., 1975.** *Ophiolites précambriennes et gites arséniés de cobalt (Bou Azzer, Maroc).* Doctorat d'Etat Thesis, Université de Paris VI, France 367p.
- LEBLANC M., LANCELOT J. R., 1980.** *Interprétation géodynamique du domaine panafricain (Précambrien terminal) de l'Anti-Atlas (Maroc) à partir de données géologiques et géochronologiques.* Canadian Journal of Earth Science 17: 142-155
- LEISTEL J.-M., QADROUCI A., 1991.** *Le gisement argentifère d'Imiter (Protérozoïque supérieur de l'Anti-Atlas, Maroc). Contrôle des minéralisations, hypothèses génétiques et perspectives pour l'exploration.* Chroniques de la Recherche Minière 502 : 5-22
- LEVRESSE G., 2001.** *Contribution à l'établissement d'un modèle génétique des gisements d'Imiter (Ag-Hg), Bou Maddine (Pb-Zn-Cu-Ag-Au), Bou Azzer (Co-Ni-As-Au-Ag) dans l'Anti-Atlas Marocain.* 3^{ème} Cycle Thesis, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, France, 218p.

OUGUIR H., 1991. *Analyse sédimentologique, structurale et lithogéochimique de la série du Protérozoïque supérieur (PII) de l'environnement de la mine d'argent d'Imiter (Anti-Atlas oriental, Maroc): implications géodynamiques. Thèse doctorat, INIST-CNRS, 209 p.*

OUGUIR H., MACAUDIERE J., DEGAILLER G., QADROUCI A., LESITEL J.-M., 1994. *Cadre structural du gite Ag-Hg d'Imiter Implication métallogénique. Bull Soc. Géol. Fr., v. 165, 233-248p*

OUGUIR H., 1997. *Contexte géologique du gisement argentifère d'Imiter (Anti-Atlas oriental, Maroc). Contrôle volcanique et structural de la mise en place des concentrations métalliques à Ag-Hg. Doctorat d'Etat Thesis, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc, 233p.*

SAQUAQUE A., BENHARREF M., ABIA H., REUBER I., KARSON J.A., 1992. *Evidence for a Panafrican volcanic arc and wrench fault tectonics in jbel Saghro, Morocco. Geologische Rundschau 81(1) : 1-13.*

TUDURI J., 2005. *Processus de formation et relations spatio-temporelles des minéralisations à or et argent en contexte volcanique Précambrien (Jbel Saghro, Anti-Atlas, Maroc). Implications sur les relations déformation, magmatisme, volcanisme, hydrothermalisme. Thèse Doctorat, Université D'Orléans, 428 p.*

TUDURI J., CHAUVET A., ENNACIRI A., BARBANSON L., 2006. *Modèle de formation du gisement d'argent d'Imiter (Anti-Atlas oriental, Maroc). Nouveaux apports de l'analyse structurale et minéralogique. Model of formation of the Imiter silver deposit (eastern Anti-Atlas, Morocco). New structural and mineralogical constraints. Comptes Rendus Géoscience, Elsevier Masson, 2006, 338, pp.4, 253-261.*