

Sommaire

Résumé	8
Introduction	10
Problématique et but d'étude	10
Méthodologie de travail	11
Chapitre I	12
Généralités sur l'organisme d'accueil	12
I- Présentation générale de l'organisme d'accueil	12
I.1- Groupe SNI	12
I.2-Managem :	12
II-Présentation et historique de la Société Métallurgique d'Imiter (SMI)	12
III- Exploitation minière du gisement	14
Chapitre II	15
CADRE GEOLOGIQUE ET STRUCTURAL D'IMITER	15
Introduction :	15
CADRE GEOLOGIQUE GENERALE	15
I- Géologie de l'Anti-Atlas	16
I-1- Cycles éburnéen et panafricain	17
I-2- tectonique hercynienne dans l'Anti-Atlas	17
II- cadre géographique et géologique de Jbel Saghro	18
II-1 socle précambrien	18
II-2- Néoprotérozoïque supérieur ou PIII	18
II-3 couverture Paléozoïque	19
II-4 Structure tectonique de Jbel Saghro	20
III- cadre géographique et géologique de la boutonnière d'Imiter	21
III-1- localisation géographique	21
III-2- contexte géologique du gisement d'Imiter	22
III-2-1- formations du Précambrien II ou complexe moyen	23
III-2-2- couverture volcano-sédimentaire du néoprotérozoïque supérieur	24
Figure 10:: Log réalisé au niveau du Néoprotérozoïque d'Imiter montrant les formations traversées par des dykes basiques et acides (SMI 2005).	25
III-2-3- couverture paléozoïque	25
III-4- Tectonique	27
Chapitre III	29

Étude géologique et interprétation des données structurales à Imiter II	29
I- Données de surface	29
I-1- Couloir de failles	30
I-2- Réalisation de la carte des linéaments dans la zone d'étude	33
II- étude géologique au fond (Imiter II)	35
II-1- Présentation de la zone d'étude (Imiter II)	35
II-2- Gitologie d'imiter II	35
II-3- Minéralogie d'Imiter II	36
II-4- Niveau 1050	40
II-5- Niveau 1200	42
II-6- Niveau 1070	44
II-7- Levé géologique au niveau 1260-1280	47
II-8- Levé géologique au niveau 1280-1300	48
Chapitre IV. Études minéralogiques et gitologique des facies	50
I- les facies	50
1-Grès	50
2-Pélites	50
3-Grésopélites	51
4-Dykes	52
II- gangue de la minéralisation	53
III-sulfures associés à la minéralisation	54
1-pyrite (Fe_2S)	54
2- galène (PbS)	55
3- chalcopyrite ($CuFeS_2$)	55
4-sphalérite (blende)	56
5-Arsénopyrite	57
III-minéralisation	58
1- Argent natif (en plaquette)	58
2-Argent rouge (proustite)	58
3-Argent noir (acanthite)	59
IV-les phases mineralisatrice	59
I-1- phase a chalcopyrite	59
I-2 -phase a chlorite	60
I-3- phase a quartz et dolomite	61
Chapitre V : prospection géochimique sur le niveau 1070 et 1050 à imiter 2	63
1-Argent	63
2-Le Cuivre	65

3-Le Plomb	66
4-Le Zinc	68
Conclusion.....	70
Conclusion.....	71
Bibliographie	73

Liste des figures

Figure 1 : Schéma synoptique de l'usine de traitement	13
Figure 2Carte géologique de l'Anti-Atlas (d'après Michard et al., 2008).....	16
Figure 3: Carte géologique du Jbel Sagho, d'après Hindermeyer et al. (1977)	20
Figure 4:cartographie et interprétation linéamentaire du Jbel Sagho : caractérisation de la famille de failles N060-090°E majeure (Tuduri, 2005)	21
Figure 5. : Localisation géographique de la mine d'Imiter dans l'Anti-Atlas	21
Figure 6: photo montrant le contact entre le PII et le PIII	22
Figure 7: carte géologique du secteur d'Imiter modifiée (donné SMI, 2012)	23
Figure 8:: Contact entre les pélites gréseuses (PII) et les conglomérats fluviatiles de (PIII)	24
Figure 9:: Log réalisé au niveau du Néoprotérozoïque d'Imiter montrant les formations traversées par des dykes basiques et acides (SMI 2005).	25
Figure 10:: Photo montrant le contact précambrien (complexe supérieur) -CambrienIII-3-plutonisme	26
Figure 11:Emplacement du massif rhyolitique de Taouzakt et de la grande faille d'Imiter(SMI) 26	
Figure 12:: Vue panoramique montrant le massif plutonique d'Igoudrane.....	27
Figure 13: carte structurale d'Imiter (données SMI 2005)	29
Figure 14:: Photos des facturations sur des bancs gréseux il faut donner la direction des failles en fonction des couleurs	30
Figure 15:: photo montrant une faille en décrochement dextre.....	31
Figure 16:Vue vers le Nord, illustrant la discordance angulaire entre les tufs volcaniques du complexe supérieur et le Cambrien marqué par le niveau de brèche à Micmaca, avec un schéma explicatif à droite	31
Figure 17:: Photos des failles à remplissage de Quartz (à gauche) et des carbonates altérées (à droite).....	32
Figure 18:Photo illustrant une famille de stries sur un miroir de faille (N80) affectant les grés de Tabanit	32
Figure 19: carte de linéaments issue du rehaussement et du filtrage spatial	33
Figure 20 carte des linéaments extrait de l'image filtrée.....	34
Figure 21: Le secteur d'étude Imiter (Imiter II)	35
- Argent natif : à Imiter, l'Ag est souvent disséminé dans une gangue quartzeuse, pélitique (silicifiée) ou carbonatée, et on le trouve aussi sous forme des plaquettes au sein des formations (Figure. 22).	36
Figure 23: Photo montrant l'Ag natif et la Proustite dans les pélites noires	37
Figure 25: Photo illustrant les Cristaux de Galène au sein de dolomite rose	37
-.....	38
Figure 27 : Photo de pyrite et galène dans les pélites –gréseux revoir la mise en page !!	38
Figure 29: Photo d'arsénopyrite dans une carotte de sondage	39
Figure 30:: Levé géologique de la couronne au niveau 1050(Imiter II)	40
Figure 31:: représentation stéréographique des failles affectants le niveau 1050	40
Figure 33: photos illustrant l'ouverture de fente dolomitique par un jeu de faille inverse	41
Figure 34: : Levé géologique de la couronne au niveau 1200(Imiter II)	42

Figure 35: représentation stéréographique des failles affectants le niveau 1200	42
.....	43
Figure 37: photos montrant un une faille inverse sur le parement	43
Figure 38: Levé géologique de la couronne au niveau 1070(Imiter II)	44
Figure 39:: représentation stéréographique des failles affectant le niveau1070	45
Figure 40 : La SS1 décalé par une Faille N25 en jeu inverse au niveau 1070	46
Figure 41: Photos montrant le décalage inverse de la SS1 par une Faille NNE	46
Figure 42: photos illustrant des filons quartzeux affectés par des microfailles avec un jeu normales	46
Figure 43: Levé géologique de la couronne au niveau 1260-1280 (Imiter II).....	47
Figure 44: levé montrant la discontinuité de la structure principale R3 par des failles NE illisible	48
Figure 45: Levé géologique de la couronne au niveau 1280-1300(Imiter II)	49
Figure 46:: les structures R3 et R4 affectées par les failles NE et NNE	49
Figure 47:A) pelite noir dans les carottes B) pelite avec des cristaux de pyrite et des intrusions de veine de quartz en PLNA	51
Figure 48:: structure de dolomite rose encaissée dans les gréso-pelite	51
Figure 49:A) endroit du prélèvement du dyke B)	52
	53
Figure 51: A) fente de dolomite rose B) Cristaux de quartz emballés dans la dolomie	53
Figure 52 : A) Veines de quartz dans les gréso pelite B) Veine à quartz coupé par une veine à	54
.....	54
Figure 53:A) Pyrite dans les pelite noir B) cristal automorphe de pyrite qui est affecté par de l'oxydation	55
Figure 54:A) Galène encaissé dans la dolomite rose B) Une plage xénomorphe de la galène qui présente clairement les triangles d'arrachement	55
Figure 55:A) Chalcopyrite disséminée dans une carotte de gréso pelite B) Chalcopyrite en cristaux sub automorphe et en inclusion dans la galène	56
Figure 56:A) cristaux de sphalérite encaissé dans un filon de dolomite rose B) Pyrite avec une texture poreux bréchifiée associé à la Sphalérite et la galène puis la Chalcopyrite qui occupe la périphérie	57
Figure 57.Des filonnets d'arsénopyrite dans les grès	57
cette minéralisation est observée sous forme de grains disséminés, dans les pélites ou dans une gangue quartzeuse, carbonatée ou encore au niveau des métapélites, ou des plaquettes, fils ou en fissure dans des paragenèses tardives de remobilisation. Son origine pourrait résulter de processus supergènes. (Figure 58)	58
Figure 59:argent natif et argent rouge dans les gréso pelite	58
Figure 60 : minéralisation de la chalcopyrite dans les gréso pelite	59
Figure 61:les filons de chlorite encaissé dans les grés	60
Figure 62: brèche hydraulique	61
Figure 63:filons de quartz décalé qui est encaissé dans les pelite noire	61
Figure 64:dyke intermédiaire traversé par des filons de dolomite	62
Figure 65:: Histogramme des résultats géochimiques en Ag dans les échantillons et le box plot niveau 1070	64
Figure 66:: Histogramme des résultats géochimiques en Ag dans les échantillons et le box plot niveau 1050	64
Figure 67:: Histogramme des résultats géochimiques en Cu dans les échantillons et le box plot niveau 1070	65
Figure 68:Histogramme des résultats géochimiques en Cu dans les échantillons et le box plot niveau 1050	66

Figure 69:: Histogramme des résultats géochimiques en Pb dans les échantillons et le box plot niveau 1070.....	67
Figure 70: Histogramme des résultats géochimiques en Pb dans les échantillons et le box plot niveau 1050.....	68
Figure 71: Histogramme des résultats géochimiques en Zn dans les échantillons et le box plot niveau 1070.....	69
Figure 72:: Histogramme des résultats géochimiques en Zn dans les échantillons et le box plot niveau 1050.....	69

Remerciement

Au terme de notre mémoire, nous tenons à remercier Mr. HAMDAOUI directeur de la société métallurgique d'Imiter (SMI), pour nous avoir accordé ce stage et ce qui nous a donner l'occasion de découvrir l'activité de cette société d'exploitation minière.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent au M. S. OUTHOUNJIT et Mr.Y. ATEF nos encadrant et Mr M. MOUHAJIR le chef de service géologie à l'SMI qui ne nous ont épargné aucun effort ni moyen pour effectuer ce travail.

Nos sincères remerciement s'adressent aussi à Mr M. BENABDELHADI encadrant du département de l'Environnement à la FST de FES pour le temps précieux qu'il nous a consacré, son esprit de collaboration et sa servabilité.

Notre reconnaissance va également au personnel du service de la géologie de la SMI qui nous a toujours considéré comme faisant partie de l'équipe durant toute la période du stage.

Notre reconnaissance s'adresse aussi à nos enseignants de la FST FES pour leur directive et le baguage scientifique dont ils nous ont armés pour mener à bien cette étude.

Enfin pour tous celles et tous ceux que nous n'avons pas cités, veuillent bien nous excuser et sachant se reconnaître dans ces remerciements

Résumé

Le gisement d'Imiter est caractérisé par une minéralisation argentifère et est constitué, du point de vue lithologique, d'une succession de deux unités : une unité sommitale à caractère volcanique et volcano-clastique du Néoprotérozoïque supérieur et une unité basale à caractère sédimentaire d'alternance des niveaux pélitiques et gréseux du Néoprotérozoïque moyen, porteuse de la minéralisation argentifère. Cette minéralisation se présente sous forme de filons de puissance inférieure à 5m.

Dans ce présent travail, le secteur d'Imiter II a fait l'objet d'une part, d'études pétrographique, minéralogique, métallogénique, et structurale.

L'étude pétrographique et minéralogique a montré la présence de plusieurs types de faciès dans ce secteur. Les altérations hydrothermales au niveau du secteur d'étude sont essentiellement la carbonatation, la sérichtisation, et la silicification.

L'analyse métallographique a permis de caractériser plusieurs types d'associations minéralogiques. La pyrite et la chalcopyrite représentent les phases dominantes, présentes dans presque tous les types de minéraux. Les minéraux de ce secteur montrent une variété des textures : massive, bréchifiée, disséminée, rubanée et remobilisée.

L'étude structurale et microstructurale de secteur d'Imiter II et la surface a fait ressortir trois familles de failles : La première famille correspond aux failles E-W à fort pendage principalement vers le Nord. Cette famille de failles définit un jeu purement sénestre normal et contient généralement de la minéralisation de puissance variable. La seconde famille correspond aux failles NE-SW à pendage fort voisin de 75° vers le NW, qui se connectent aux failles E-W, les recoupent et les décalent en jeu décrochant sénestre avec des rejets centimétriques à métriques. La troisième famille correspond à la faille NS. Elle est constituée de direction $N10^\circ-N170^\circ$ à pendage NW et jeu dextre ou rarement normal.

L'étude métallographique menée sur la minéralisation a permis de déterminé 3 stades minéralisateurs

Le stade précoce : est représenté par des dépôts précoce de la pyrite qui referme des microinclusions de la galène et de la chalcopyrite qui sont généralement disséminé au sein de l'encaissant

. Le stade à quartz : Se caractérise par une gangue quartzeuse qui se présente sous deux formes. Soit lié à une bréchification hydraulique et se présente en grand cristaux allongés , soit sous forme de petits cristaux qui présente une texture saccharoïde.

Le stade à dolomie: est caractérisé par la réouverture des structures à quartz avec un jeu décrochant senestre. La dolomie se présente par des gros cristaux qui emballent le quartz.

Ces deux derniers stade sont associés à une paragenèse métallique représentée par les sulfures et les minéraux d'argent cités.

L'exploration géochimique faite sur des échantillons prélevés au niveau du fond, était pour but de localiser les zones minéralisées. Cette exploration effectuée a permis de mettre au point plusieurs types d'anomalies mono-élémentaire et composites.

Introduction

Problématique et but d'étude

A Imiter, les structures principales porteuses de la minéralisation argentifère, ont généralement une direction E-W et un pendage vers le Nord mais également vers le Sud, et ont un caractère discontinue et irrégulier. Elles sont fracturées, recoupées, décalées et arrêtées par un réseau de faille NE-SW.

Les failles E-w sont les plus intéressantes de point de vue minéralisation, mais malheureusement présentent un caractère discontinue par l'effet des failles NE-SW qui les recoupent ce qui perturbe la minéralisation soit elles les décalent ou elles les stoppes.

Le but de notre travail est la compréhension de la relation entre les failles et la minéralisation , ainsi que l'établissement de la chronologie de ces failles .

Pour mener à bien ce travail nous allons faire une étude structural et minéralogique secteur d'Imiter II reconnu par sa complexité structurale et une superposition des phases orogéniques. Cette étude se propose de définir, à travers une approche structurale et microstructurale, la cinématique de déplacement de ces couloirs de failles.

Pour établir une chronologie de ces failles NE et NNE avec les structures minéralisées, deux hypothèses principales sont mises en compte :

- Soit elles sont postérieures à la minéralisation ce qui permet de la recouper et la décaler ; □ Soit elles sont Synchrone, ce qui permet de contrôler les structures minéralisées, et constituent le moteur d'ouverture de ces dernières sous forme de fentes en échelon ou bien perturber voir complètement stopper la minéralisation .

Le but de la géochimie réaliser et c'est la prospection afin de trouver de nouvelles structures rentable économiquement .

Méthodologie de travail

Pour répondre à la problématique posée et atteindre nos objectifs nous avons mené une étude structurale et minéralogique. On s'est basé essentiellement sur :

- Analyse de la carte géologique d'Imiter au 50000^{ème} en se focalisant sur les grandes failles (Echelle cartographique).
- Réalisation de la carte des linéaments dans la zone d'étude à l'aide des données structurale et avec un système d'information géographique (Arc Gis).
- La réalisation des levés géologiques de la couronne dans certains niveaux de secteur Imiter II et les digitaliser sur Autocad.
- La combinaison entre l'étude de surface et celle de fond.
- Réalisation des analyses chimiques sur les structures qui peuvent porter la minéralisation.
- Etudes microstructurales à travers une étude pétrographique. (Echelle de la lame mince et de l'échantillon).

Chapitre I

Généralités sur l'organisme d'accueil

I- Présentation générale de l'organisme d'accueil

I.1- Groupe SNI

Dans le secteur privé financier et industriel au Maroc, le groupe SNI (Société Nationale d'investissement) a acquis une dimension qui font de lui une référence dans le domaine économico-sociale. Les activités diverses et variées lui permettent de s'initier dans des secteurs stratégiques qui sont : Les mines et les matériaux de construction, l'agroalimentaire et boissons, la distribution et les activités financières.

I.2-Managem :

Créé en 1996, MANAGEM est la branche minière de l'SNI. Son activité se base sur l'exploitation minière et l'hydrométallurgie. Il est constitué de plusieurs filiales d'exploitation opérant sur différents sites à travers le Maroc. Elles extraient, concentrent et commercialisent des métaux de base comme le cuivre, le zinc et le plomb (CMG à Guemassa), mais aussi des métaux précieux tels que l'or (AGM à Akka) et l'argent (SMI à Imiter), des métaux spéciaux comme le cobalt (CTT à BouAzzer) et des substances utiles comme la fluorine (Samine à El Hammam).

II-Présentation et historique de la Société Métallurgique d'Imiter (SMI)

Le site a été exploité au moyen âge comme l'attestent les nombreux vestiges archéologiques trouvés sur place : pièces de monnaies datées du 8ème siècle, marteaux, burins, meules de granite, poteries et creusets de fonderie. Plusieurs dizaines d'excavations témoignent de l'activité minière qui régnait à cette époque.

Dans les années soixante, les traces des anciens travaux ont été remarquées à la faveur d'une compagnie de photographie aérienne, ce qui a amené à la découverte du gisement. Les recherches minières et l'étude de valorisation des haldes essentiellement menées par le Bureau de Recherches et Participations Minières (BRPM) ont conduit à la création de la Société Métallurgique d'Imiter (SMI).

L'activité de la société fut d'abord concentrée sur la valorisation des haldes abandonnées par les exploitations antiques, dont le tonnage était de 650.000 tonnes à une teneur de 300 g/t d'Ag. Par

la suite une vaste compagnie de prospection minière a mis en évidence l'existence de réserves en place, ce qui a permis de passer en 1978 au lancement d'une exploitation souterraine. Dans l'objectif de tripler la capacité de production de la mine pour passer de 40 t à 120 t d'argent métal par an, un projet d'extension a été développé de 1984 à 1988, comprenant de nouvelles infrastructures minières et sociales.

De 1970 à 1996, la SMI a produit environ 2000 t Argent métal. Le traitement comporte les phases classiques de préparations mécaniques, broyage, gravimétrie, classification, cyanuration et récupération d'un cément d'argent par précipitation. Les produits scheidés, concentrés et précipités, suivent ensuite différentes étapes dans l'unité de fusion pour aboutir à un produit fini sous forme d'anodes d'environ 9 Kg titrant 99.5% d'argent (Fig.).

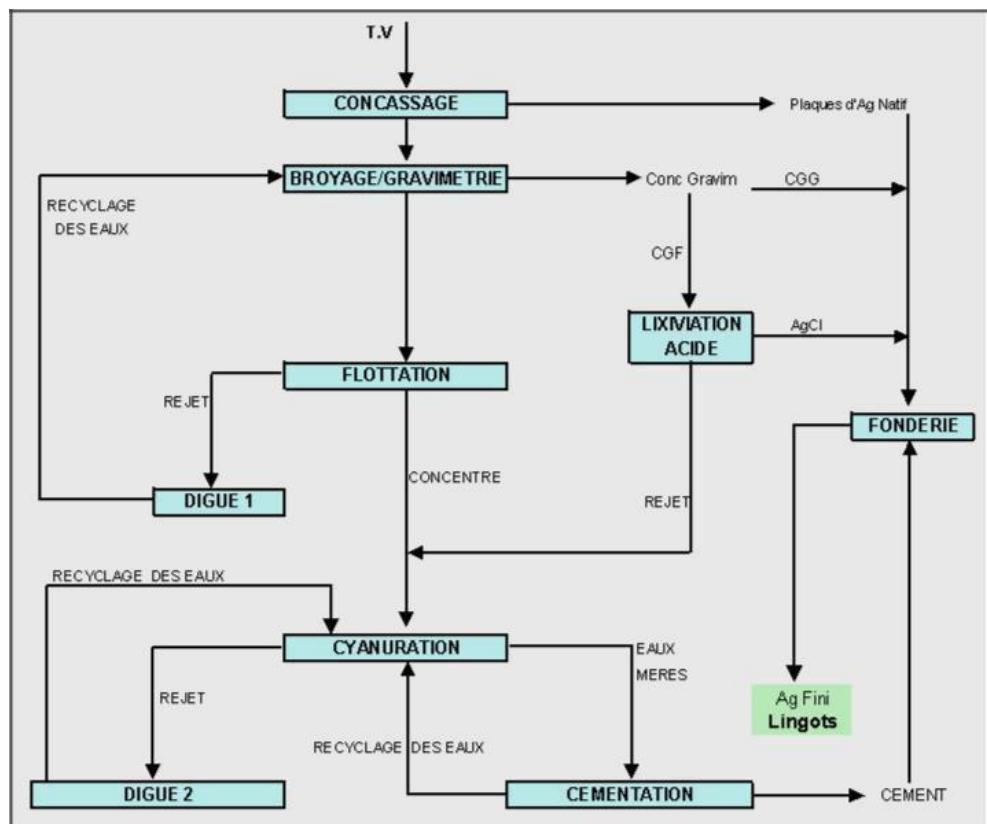


Figure 1 : Schéma synoptique de l'usine de traitement

III- Exploitation minière du gisement

Le gisement a été exploité à la fois à ciel ouvert et en souterrain. Mais aujourd'hui, la carrière ne produit plus ; ses 130 m de profondeur sont toutefois bien présents dans le paysage. L'exploitation est donc exclusivement réalisée en souterrain, entre 50 et 430 mètres sous la surface. Ce qui explique que l'exploitation souterraine se fait à travers différents niveaux à partir du jour.

A Imiter, la méthode d'exploitation appliquée est la méthode des tranches montantes remblayées (**TMR**). Elle a été choisie selon les critères de sécurité, de coûts d'exploitation et de récupération du gisement. Mis à part un chantier (Aval B3) où on trouve encore un amas, l'exploitation ne concerne plus que des filons (Levresse, 2001).

Chapitre II

Cadre géologique et structural d'imiter

Introduction

Imiter est un gisement hors commun, sa géologie exceptionnelle a donné naissance aux structures argentifères. La mine est située dans la région montagneuse de l'Anti-Atlas, plus précisément dans le Nord du Jebel Sagho. Elle est placée au cœur d'une boutonnière dont quatre permis d'exploitation définissent les zones d'exploitation du minéral.

Le gisement se trouve dans une série Néoprotérozoïque Moyen consistant essentiellement en des schistes de direction E-W et de pendage subvertical vers le Nord. Cette série est traversée par des dykes d'andésite ayant également la direction E-W. Au Sud du gisement se trouve un massif dioritique datant du Précambrien.

Au Nord, séparé du précambrien II par la faille d'Imiter, se trouvent des coulées andésitiques du Néoprotérozoïque Terminal.

Cadre géologique générale

La géologie du Maroc est conditionnée par une position de charnière entre le continent africain, européen et américain. De ce fait plusieurs cycles orogéniques se sont succédés, contribuant chacun, par son contexte géodynamique et son ampleur, à façonner les grands domaines structuraux de ce pays.

C'est ainsi que l'on distingue trois domaines, définis en fonction de la localisation et de l'importance des effets des orogenèses les plus récentes. Du Nord au Sud, on en compte structuraux selon les travaux de G. Choubert et J. Marçais (1952) et A. Michard (1976) qui sont :

- Le domaine rifain (Choubert, 1947)
- Le domaine atlasique et mesetien
- Le domaine anti-atlasique et Sahara.

I- Géologie de l'Anti-Atlas

La chaîne de l'Anti-Atlas fait partie de la ceinture orogénique panafricaine. Elle s'étend sur 750 km selon une direction WSW-ENE. Elle est limitée au Sud par le bassin carbonifère de Tindouf, et au Nord par un accident majeur appelé faille Sud Atlasique (figure 2).

Cette chaîne, qui résulte essentiellement de la superposition des orogénèses éburnéenne et panafricaine est subdivisée structuralement en trois tronçons (Choubert, 1947) :

L'Anti-Atlas occidental qui s'étend depuis l'Atlantique jusqu'au massif de Siroua. Il est constitué par des boutonnières (Bas Draa, Ifni, Ighrem, kerdous et la partie Sud de Tazenagh) formées de terrains protérozoïque à couverture Paléozoïque.

L'Anti-Atlas central renferme les boutonnières de Zenaga, Siroua et Bou-Azzer Graa. Ces deux dernières paléo-sutures ophiolitiques constituent une empreinte du domaine orogénique panafricain en bordure du craton ouest africain.

L'Anti-Atlas oriental, formé principalement par le massif du Saghro ou les terrains panafricains affleurent sous forme de boutonnières taillées dans les formations de l'infracambrien et du Paléozoïque (Sidi Flah, Kelaa Mgouna, Boumalne et Imiter).

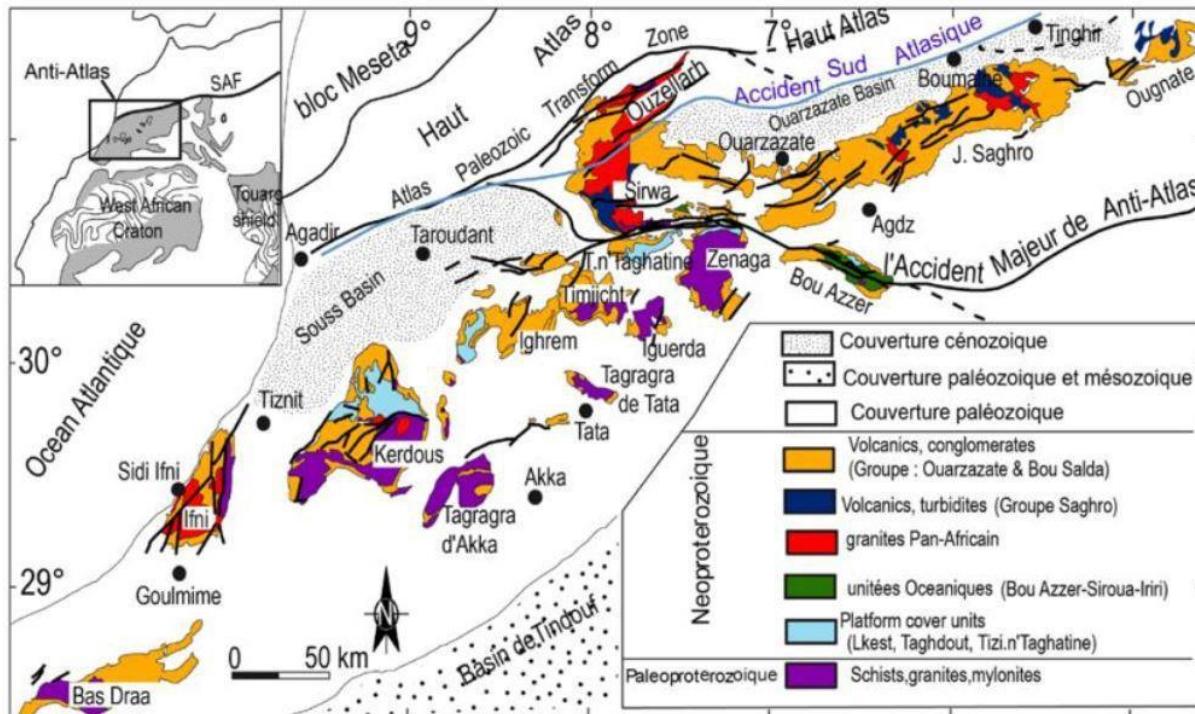


Figure 2 :Carte géologique de l'Anti-Atlas (d'après Michard et al., 2008).

I-1- Cycles éburnéen et panafricain

Cycle éburnéen : Ses phases paroxysmales situées autour de 1950 et 1750 Ma, sont responsables du métamorphisme méso- à cata zonal et de la granitisation. Dans les boutonnières avoisinantes l'accident majeur de l'Anti-Atlas, la structuration éburnéenne a été totalement masquée par les événements panafricains (Hassenforder, 1987).

Cycle panafricain : Les travaux de Le Blanc (1975) et Le Blanc et Lancelot (1980) sur la boutonnière de Bou Azzer ont mis en évidence l'effet de deux phases tectoniques majeures : B1 et B2, attribuées à l'orogénèse pan-africain :

a) La phase B1 (685 Ma. Clauer 1974, Rb/Sr) : est décrite comme une phase tectonique majeure, elle correspond à :

- ❖ Un métamorphisme au faciès de schistes verts ;
- ❖ Une schistosité de flux ;
- ❖ Des plis isoclinaux déversés vers le sud.

Elle affecte principalement le socle protérozoïque supérieur. Cette phase a été attribuée à l'obduction d'une partie de la croûte océanique sur la bordure nord-est du craton de l'ouest-africain ce qui a donné naissance aux ophiolites de Bou azzer (Le Blanc et Lancelot ; 1980).

b) La phase tectonique B2 (623 Ma. Clauer 1976, Rb/Sr) est qualifiée de phase ultime, son effet est matérialisé par :

- ❖ Une déformation fragile sans métamorphisme ;
- ❖ Des décrochements sénestres orientés WSW-ENE.

Elle correspond à la collision entre les terrains mobiles de l'Anti-Atlas oriental et le craton stable de l'ouest africain (Le Blanc et Lancelot ; 1980).

I-2- tectonique hercynienne dans l'Anti-Atlas

L'Anti-Atlas a enregistré des déformations hercyniennes. Celles-ci correspondent à :

- Des plis kilométriques de direction NNE-SSW dans l'Anti-Atlas occidental, et E-W dans l'Anti-Atlas central et oriental.
- La schistosité de type fracture est rarement exprimée.
- Le métamorphisme est absent ou de faible intensité.

Le socle précambrien se raccourcit par le jeu de failles inverses d'échelle crustale, chevauchantes vers le Sud et parfois vers le Nord.

Après l'orogenèse hercynienne, l'Anti-Atlas montre une stabilité générale lors du Trias. Des fractures NE-SW sont empruntées par des dykes doléritiques jurassiques.

II- cadre géographique et géologique de Jbel Saghro

Géographiquement, le Jbel Saghro est limité au Nord par la vallée du Dadés et celle du Todgha et au Sud par les plaines de Tazarine et du Draa, à l'Est par Tafilalet. Il est orienté NE-SW et s'étend sur une superficie d'environ 6750 Km^2 , correspondant à 150 Km de long sur 45 Km de large.

Géologiquement, les massifs du Saghro et l'Ougnat font partie du domaine mobile panafricain (Choubert, 1952). Il est limité au Nord par l'accident sud-atlasique et au Sud par l'accident majeur de l'Anti-Atlas. Dans le Saghro, les terrains précambriens forment sa partie axiale et affleurent sous forme de boutonnières taillées dans les formations infracambriennes et Paléozoïque. Les plus importantes sont celles de Sidi Flah, Bouskour, Kelaat Mgouna, Boumalne et Imiter (Fekkak et al. ; 1999,2000,2001,2002).

Du point de vue stratigraphique, le massif du Saghro est constitué par un socle précambrien et une couverture Infracambrienne et Paléozoïque (Ouguir, 1991).

II-1 socle précambrien

Hindermeyer (1953) avait distingué deux éléments qu'il attribue au Paléoprotérozoïque : Les orthogneiss, signalés entre Ouarzazate et Skoura et un petit massif d'un granite découvert à 3 Km au Sud du village d 'Imiter, en boutonnières sous des tufs et des brèches volcaniques du Néoprotérozoïque Supérieur.

Les formations du socle sont essentiellement du Néoprotérozoïque inférieur. Elles correspondent au comblement d'un bassin arrière arc par des turbidites associées à un volcanisme (Benziane et Yazidi 1992).

II-2- Néoprotérozoïque supérieur ou PIII

Les terrains du Néoprotérozoïque supérieur reposent en discordance sur le socle néoprotérozoïque inférieur. Ce sont des formations volcaniques et volcano-détritiques, épimétamorphiques et non plissées constituées de conglomérats, de brèches, de grès, de tufs volcaniques et d'ignimbrites rhyolitiques et dacitiques dominant largement les andésites et trachy-andésites.

Ces dépôts volcaniques et détritiques du PIII sont très importants au Sud de la chaîne de Saghro, mais assez réduits au Nord. La fin du PIII est caractérisée par une tectonique cassante importante 18

avec formation de grabens (Elsass, 1975) et apparition de granites à pyroxène de Bou Gaffer dans la partie orientale du Saghro (Choubert et Faure-Muret, 1970).

II-3 couverture Paléozoïque

Le Paléozoïque est constitué d'une séquence de couches sédimentaires formant une ceinture autour du Jbel Saghro. Il est représenté du bas vers le haut par :

- Le Cambrien inférieur, gréso-pélitique, affleurant largement au Sud du Saghro et se biseautant au Sud de Tinghir ;
- Le Cambrien moyen marqué à sa base par un niveau carbonaté fossilifère « brèche à Micmaca », ce niveau est surmonté par une formation de schistes verts à paradoxidès, puis par des grès et des quartzites. La minéralisation la plus importante qu'on y trouve est la barytine ;
- L'Ordovicien est constitué par des formations schisteuses, gréseuses psammitiques et quartzitiques. La minéralisation caractérisant ce système est le Fer d'Imi'n'Tourza à l'Est du Saghro ;
- Le Silurien est représenté par des schistes à Graptolithes ;
- Le Dévonien est formé par des schistes gréseux et carbonates ;
- Le Silurien et le Dévonien affleurent autour du Saghro ;
- Le Carbonifère débute par un olistostrome et se poursuit par une alternance gréso-pélitique (A. Yazidi, 1983). A l'Est, il est représenté par des schistes à Posidonimya becheri et par un calcaire bioclastique.

Le socle précambrien et la couverture paléozoïque du massif de Saghro sont recoupés par des filons de dolérite et de micro-gabbro suivant une direction NE-SW.

Le Saghro oriental renferme des minéralisations variées. On y trouve des indices et des gîtes d'Or à Tiouit, d'Argent à Imiter et des indices de Pb, de Cu et de Barytine ainsi que du Wolframite (Anou N'izem, Taourirt Tamelalt,) et du Fer à Imi'n'Tourza.

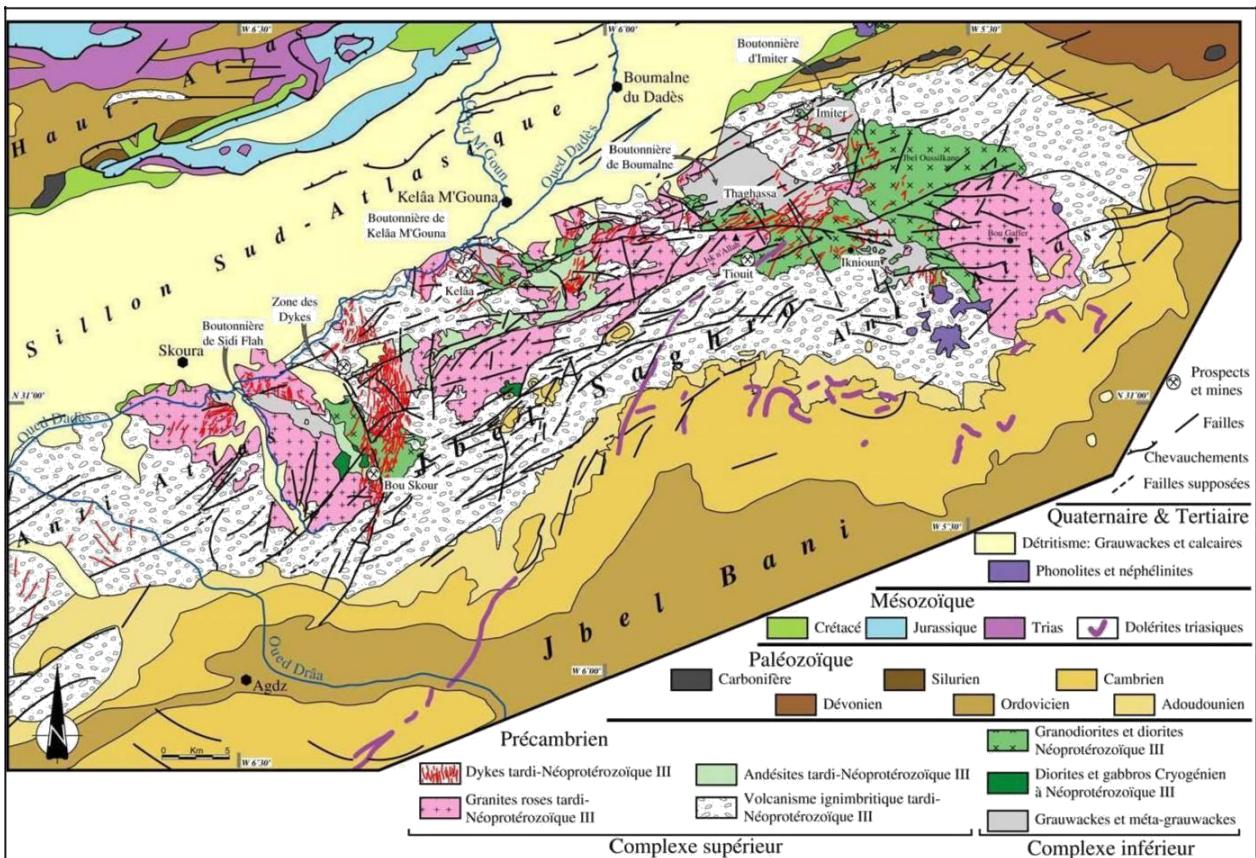


Figure 3: Carte géologique du Jbel Saghro, d'après Hindermeyer et al. (1977)

II-4 Structure tectonique de Jbel Saghro

Selon Tuduri (2005), trois familles de failles ont été distinguées (figure 4) :

- La plus importante caractérise les structures orientées N060°E à N090°E, correspondant aux accidents majeurs observés sur le terrain, façonnent principalement le Jbel Saghro.
- La seconde direction caractérise les structures kilométriques orientées N-S à N150°E.
- La troisième famille est composée d'accidents orientés N020-040, de faible extension, et se développent aussi dans le paléozoïque.

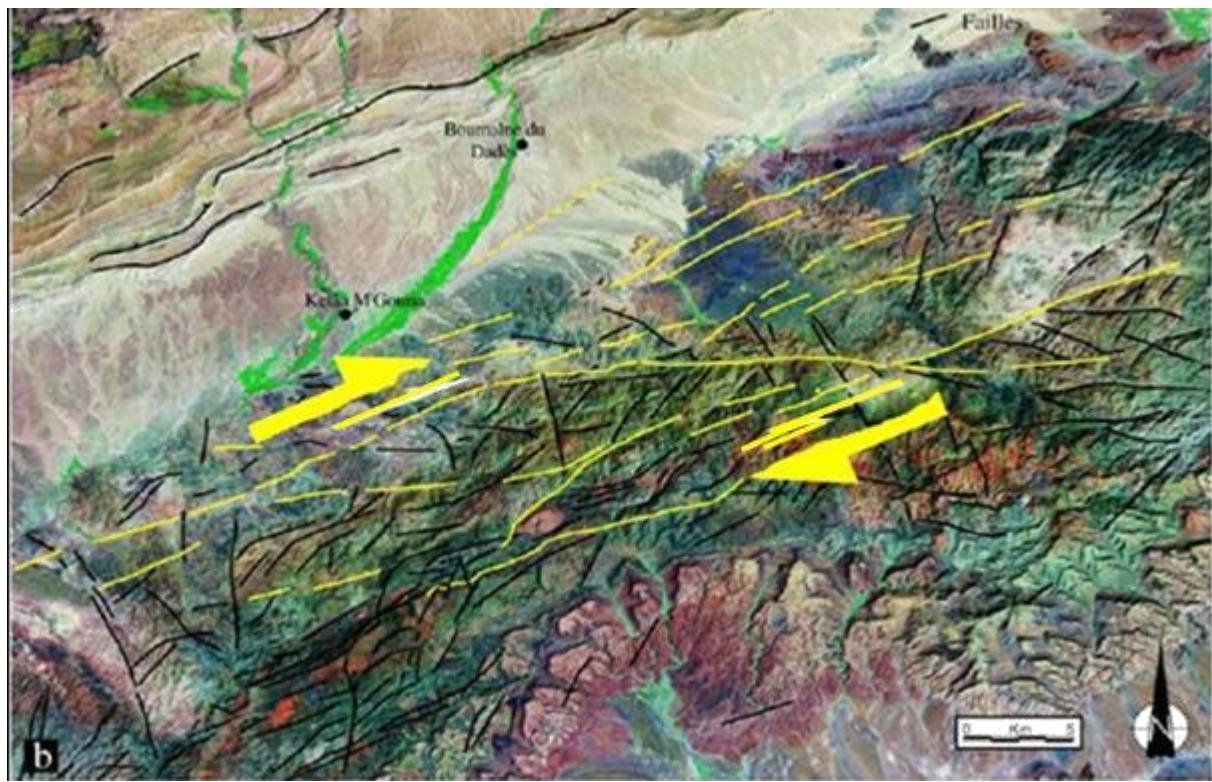


Figure 4: cartographie et interprétation linéamentaire du Jbel Saghro : caractérisation de la famille de failles N060-090°E majeure (Tuduri, 2005)

III- cadre géographique et géologique de la boutonnière d'Imiter

III-1- localisation géographique

La mine d'Imiter est située dans l'Anti-Atlas oriental, et plus exactement sur le flanc NW du Jbel Saghro. Avec une altitude de 1500 m, l'accès se fait par une piste goudronnée de 5km située à mi-chemin entre la ville de Tinghir et Boumalne.

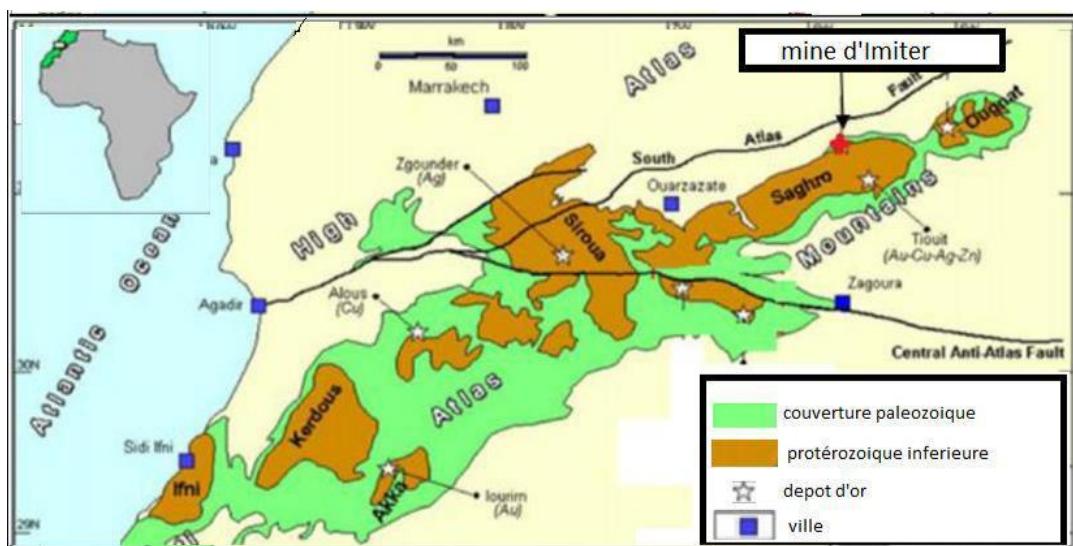


Figure 5. : Localisation géographique de la mine d'Imiter dans l'Anti-Atlas

III-2- contexte géologique du gisement d'Imiter

La boutonnière d'Imiter fait partie des nombreux affleurements protérozoïques taillés par l'érosion sur le flanc Nord du massif du Saghro. Elle est formée d'une série turbiditique d'âge Néoprotérozoïque Moyen, recouverte en discordance majeure par une pile volcanique et volcano-clastique dont l'âge est sujet de débat. Les terrains protérozoïques sont intrudés par des corps plutoniques néo-protérozoïques (Marini et Ouguir, 1990).

Le gisement d'Imiter est encaissé principalement dans les formations gréso-pélitiques situées au sommet de la pile sédimentaire du Néoprotérozoïque Moyen accessoirement dans les niveaux détritiques de la base du Néoprotérozoïque Supérieur.

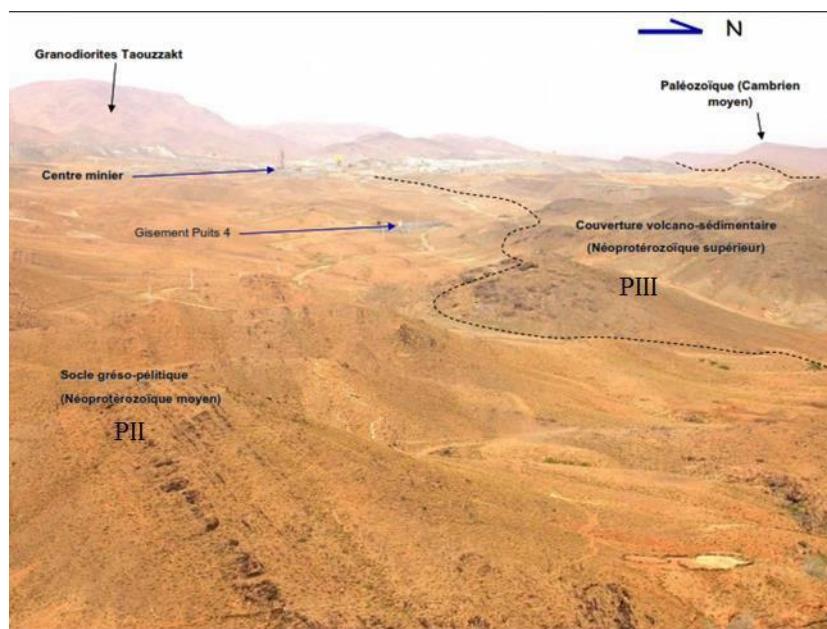


Figure 6: photo montrant le contact entre le PII et le PIII

Le gisement se concentre dans une dépression allongée suivant une direction E-W, limitée au Nord par les falaises quartzitiques de l'Acadien, au Sud par la série schisto-gréseuse et la granodiorite de Taouzzakt, à l'Est par les falaises rhyolitiques de Jbel Igoudrane et à l'Ouest par la ceinture rhyolitique de Tissidelt Takhatert (Marini et Ouguir, 1990, Ouguir, 1991).

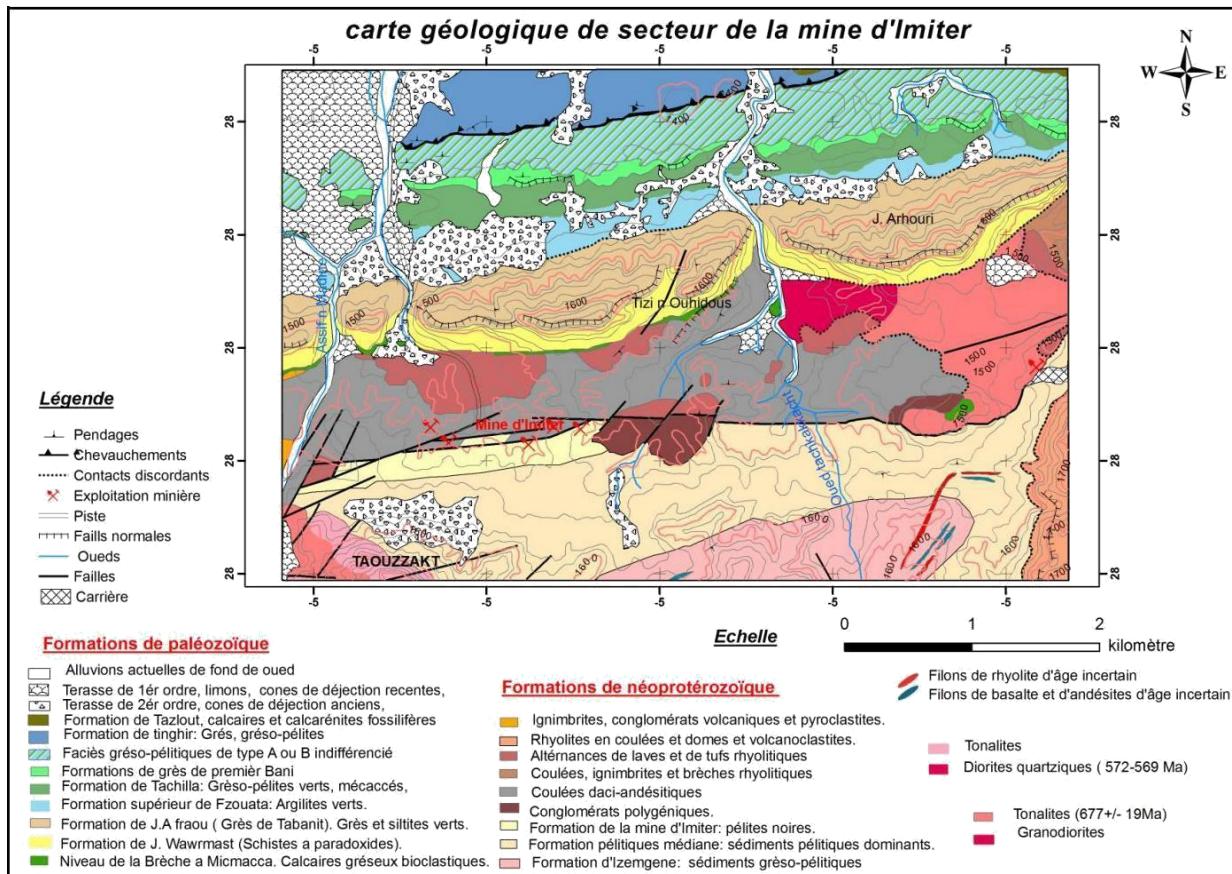


Figure 7: carte géologique du secteur d'Imiter modifiée (donné SMI, 2012)

III-2-1- formations du Précambrien II ou complexe moyen

Le PII d'Imiter est formé d'une série sédimentaire plissée, à pendage général dirigé vers le NNW à N. 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.

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

La série gréso-pélitique du PII présente une polarité générale en allant du Sud vers le Nord. Ainsi, dans sa partie Sud, le PII d'Imiter est formé surtout de puissants bancs gréseux avec intercalation de bancs pélitiques de faible épaisseur et plus on monte dans la série vers le Nord, les bancs gréseux diminuent de puissance, alternant avec les bancs péliteux de même épaisseur. La série se termine à l'extrême Nord au contact du PIII par des pélites noires.

III-2-2- couverture volcano-sédimentaire du néoprotérozoïque supérieur

Sur le socle néoprotérozoïque moyen (complexe inférieur) qui est plissé, métamorphisé et érodé, reposent en discordance angulaire les formations sédimentaires, volcano-sédimentaires et volcaniques du néoprotérozoïque terminal.

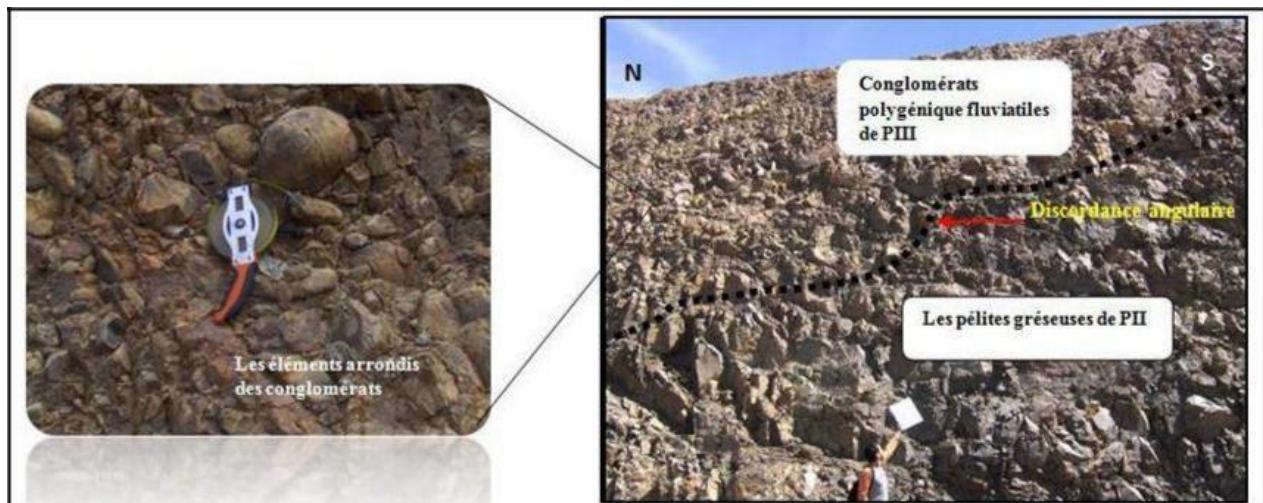


Figure 8:: Contact entre les pélites gréseuses (PII) et les conglomérats fluviatiles de (PIII)

La série PII d'Imiter est recouverte en discordance, par le biais d'un conglomérat de base, par une épaisse pile volcanique et volcano-clastique. Sur le plan litho-stratigraphique, cette pile correspond à l'empilement de la base vers le sommet des tufs fins lités, des coulées andésitiques inférieures, des tufs cristallins rhyodacitiques à intercalations ignimbritiques, des tufs lithiques rhyodacitiques avec des intercalations d'épiclastites, des coulées andésitiques supérieures et enfin des ignimbrites terminales(figure.9)

Lithostratigraphie	Description des faciès
Base de Cambrien	Brèche à éléments de tufs volcaniques (Bèche a Micmacca), et un banc de calcaires stromatolitiques. Tufs volcaniques à phénocristaux de feldspaths et de quartz, avec laminations de carbonates.
Néoprotérozoïque terminal (Précambrien III)	Rhyolites (faciès blanchâtre avec altération violacé). Tufs andésitiques grossiers de couleur verdâtre à sombre.
Néoprotérozoïque moyen (Précambrien II)	Conglomérats polygénériques hétérométriques de type poding, avec éléments arondis. Microconglomérats avec lits de tufs volcaniques. Pélites gréseuses intrudées par des corps plutoniques (granodiorites de Taouzzakt).

Figure 9:: Log réalisé au niveau du Néoprotérozoïque d'Imiter montrant les formations traversées par des dykes basiques et acides (SMI 2005).

III-2-3- 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 (Choubert, 1947). Il est surmonté par des puissantes formations gréso-pelitiques 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.

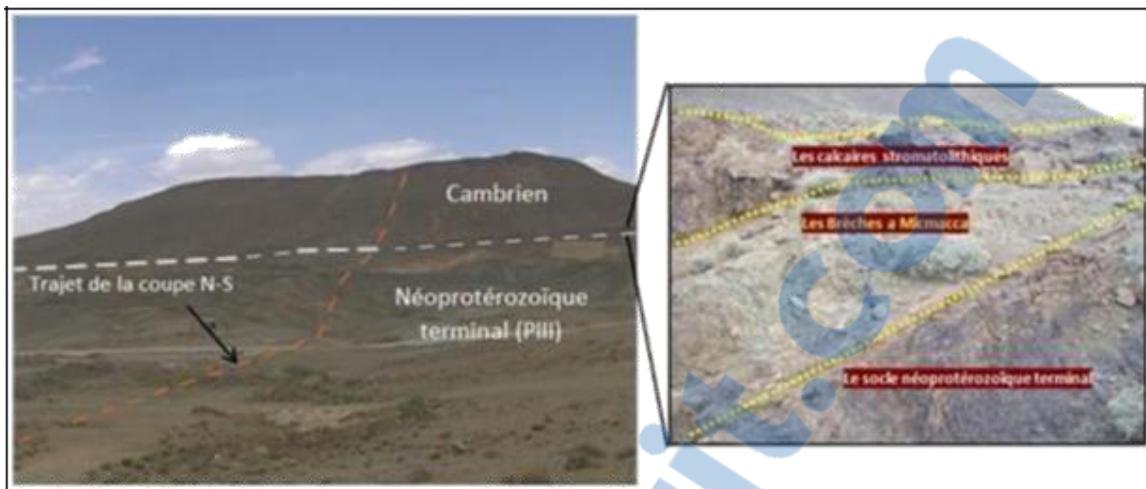


Figure 10:: Photo montrant le contact précambrien (complexe supérieur) -CambrienIII-3- plutonisme

La série PII d’Imiter est intrudée par plusieurs massifs de granitoïdes d’extension kilométrique qui développent un léger métamorphisme de contact de type de schiste tacheté à cordiérite et cornéenne à biotite (Camara, 1993).

Camara (1993) a subdivisé ces intrusions en deux associations selon leurs âges et leurs relations avec différentes phases tectoniques qui ont affecté la boutonnière d’Imiter. Ainsi cet auteur a mis en évidence une association précoce représentée par le massif d’Igoudrane et de Bou-Teglimt et une tardive correspondant aux massifs de Touzzakt et Tachkakacht.

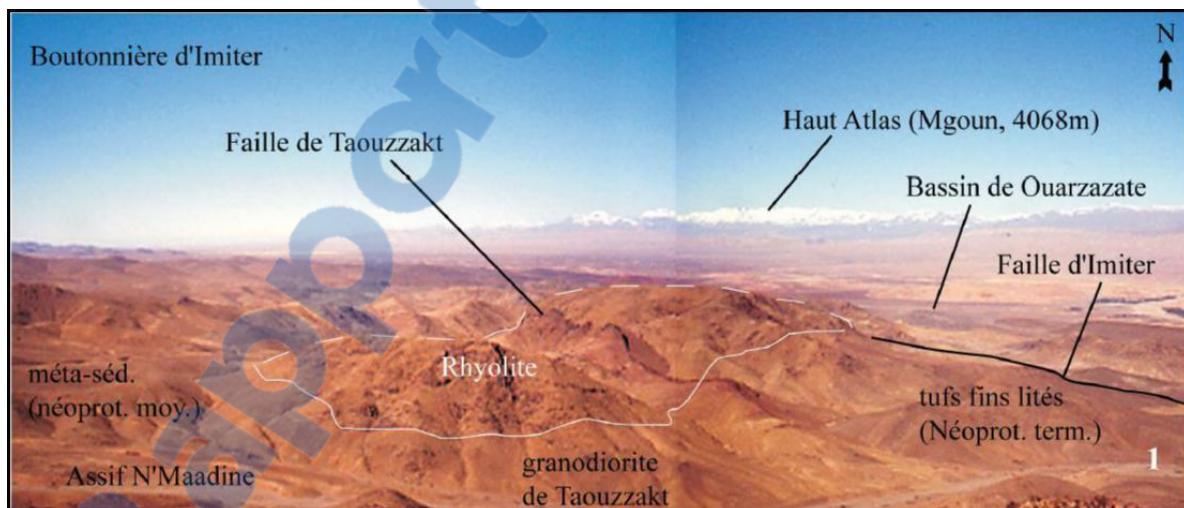


Figure 11:Emplacement du massif rhyolitique de Taouzakt et de la grande faille d'Imiter(SMI)



Figure 12:: Vue panoramique montrant le massif plutonique d'Igoudrane.

III-4- Tectonique

La boutonnière d'Imiter est constituée par des terrains Néo-protérozoïques (PII-PIII), ayant connu une succession importante de phénomènes de tectoniques souples, puis cassantes (Hindermeyer 1953).

III-4-1- Tectonique souple

La série silico-clastique PII d'Imiter est affectée par deux phases de plissement (Ighid, 1989). Des plis hectométriques à décamétriques accompagnés d'une schistosité de plan axial. La direction des axes de plis et de la schistosité (NE-SW) ainsi que l'intensité de la contrainte a permis de relier cette première phase de plissement à la phase panafricaine majeure B1.

La deuxième phase de plissement est représentée par des plis très ouverts avec des axes orientés N100° sans aucune schistosité de plan axial. Elle est comparable à la phase panafricaine tardive B2 (Leblanc 973, 1975).

III-4-2- Tectonique cassante

L'analyse structurale de cette zone (Ouguir et al. 1994) fait ressortir 4 familles de failles : **La famille E-W :** Cette famille correspond à la faille d'Imiter qui a joué en cisaillement horizontal senestre E-W avec une composante verticale qui entraîne l'affaissement du compartiment nord. Elle présente un pendage vers le nord et subdivise les terrains précambriens en deux compartiments : l'un au nord formé de PIII et l'autre au sud formé de PII.

La famille NE-SW : Localisée essentiellement dans la série volcanique et volcano-détritique de PIII au Nord de la boutonnière. Elle décale de la famille d'Imiter E-W en marche d'escalier par un jeu décrochant senestre.

La famille N-S : Cette famille de faille a joué en décrochement dextre au sud de la boutonnière.

La famille NW-SE : représentée au sud de la boutonnière dans le Jbel n'Haba, affecte la famille subméridienne et montre un jeu normal.

La tectonique hercynienne est peu développée dans la région. Elle se traduit essentiellement par de larges plis dans le Paléozoïque (Ouguir, et al 1993).

III-4-3-contrôle structural de la minéralisation

La minéralisation est sous forme de stockwerk encaissée dans les conglomérats et les tufs de base du PIII. Les veines épithermales qui composent le gisement sont liées à deux événements tectoniques majeurs et sont porteurs de la minéralisation, ainsi trois stades ont été déterminés afin de déduire le model de formation du gisement :

- **Le stade 1** : correspond à la formation des zones de cisaillement Est-Ouest décrochante dextres. Les structures engendrées lors de ce stade servent de réceptacles aux fluides minéralisateurs et sont caractérisées par le dépôt d'une gangue essentiellement quartzeuse, suivi par la cristallisation de dolomite rose. Le dépôt de l'essentiel de la minéralisation mercuro-argentifère d'Imiter est associé à ce premier stade.
- **Le stade 2** : le long de ce stade, les structures réceptacles des fluides minéralisateurs sont réouvertes lors de la reprise de *shearzones* principales du stade 1, en cisaillement senestre à composante normale, sous les effets d'une direction de raccourcissement orientée Nord-Sud. Ces réouvertures sont associées à un remplissage de nature dolomitique. Ce second stade, pourtant bien représenté dans la mine, ne semble pas être d'importance économique.
- **Le stade 3** : correspondant aux phénomènes d'altérations, se développe tardivement et en tous cas, postérieurement à l'épisode minéralisateur 1. Il contribue à un enrichissement local en Ag.

Chapitre III

Étude géologique et interprétation des données structurales à Imiter II

I- Données de surface

Le contrôle structural est un phénomène majeur pour le gisement d'Imiter. De ce fait, l'objectif de ce chapitre consiste principalement à faire une description succincte du point de vue géologico-structural afin de sortir l'impact des failles NE et NNE sur la minéralisation.

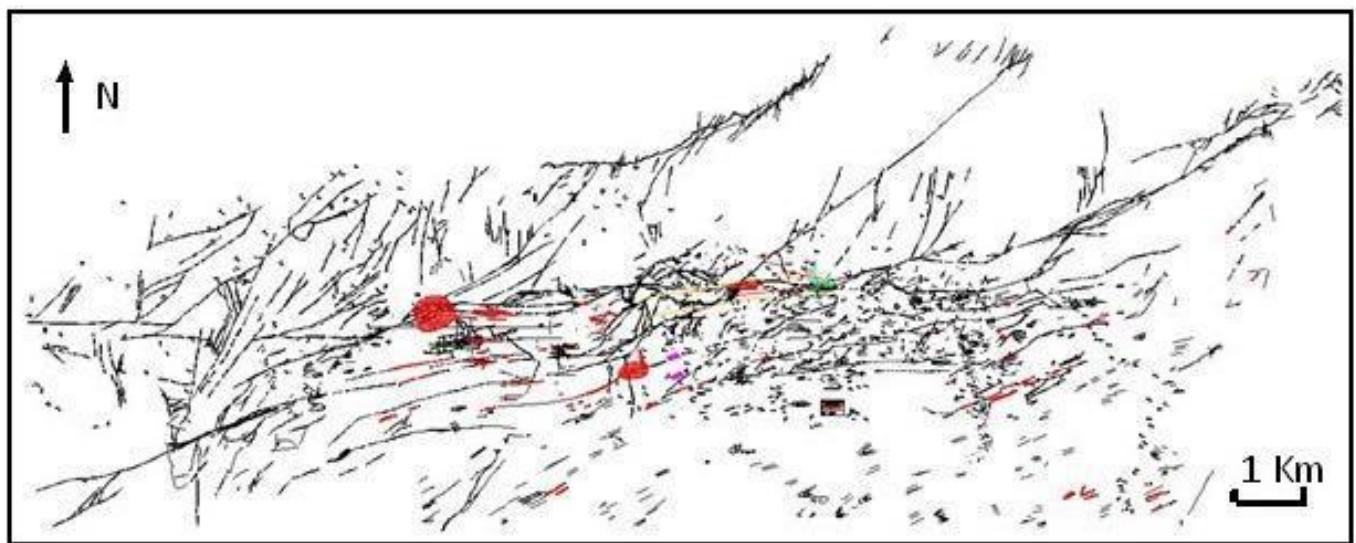


Figure 13: carte structurale d'Imiter (données SMI 2005)

Pour atteindre ce but, une sortie de terrain a été menée à la surface, au niveau du Cambrien moyen et aussi au niveau du contact entre le Paléozoïque et le PIII (discordance angulaire) pour relever le jeu tectonique possible à l'échelle de l'affleurement, et réaliser la carte des linéaments dans la zone intéressée et faire sortir les failles et les fractures affectant cette zone, ensuite nous nous sommes intéressés à la partie profonde de la mine en réalisant des levés géologiques de galeries au niveau de secteur d'Imiter II pour préciser la cinématique et les types de failles qui décalent ou limitent les différentes structures présente à Imiter II, enfin nous avons tenter une corrélation entre les données de la surface et de fond.

I-1- Couloir de failles

Différentes fracturations sont observées sur des bancs gréseux. En appliquant le principe de recouplement, une chronologie de ces fracturations a été mise en évidence (figures A et B).

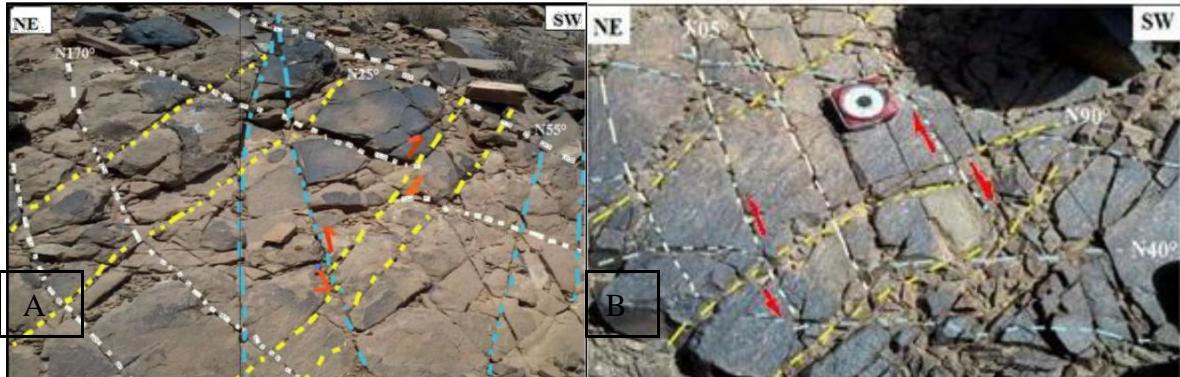


Figure 14:: Photos des facturations sur des bancs gréseux

Des fracturations sont observées sur deux bancs différents. A gauche, on remarque trois familles de failles de directions N170°, N25° et N55°. En appliquant le principe de recouplement, les failles N25° sont les premières, puis elles sont recoupées par les N55°. Enfin les N170° décalent les N55°.

A droite, les failles N40°, N05 °et N90° ont été identifiées sur un banc gréseux. On constate que les E-W sont les premières qui ont été recoupées par les failles N40°. Ensuite viennent les failles N05°.

Une faille NE à direction N40 a été mise en évidence, elle décale un dyke basique en décrochement dextre avec un rejet de 1m (figure. 15).



Figure 15:: photo montrant une faille en décrochement dextre

D'après les observations du terrain, on trouve aussi une famille de failles NNE avec une direction de N15 à N25 coupant un banc de tuf volcanique montrant souvent en un jeu dextre.

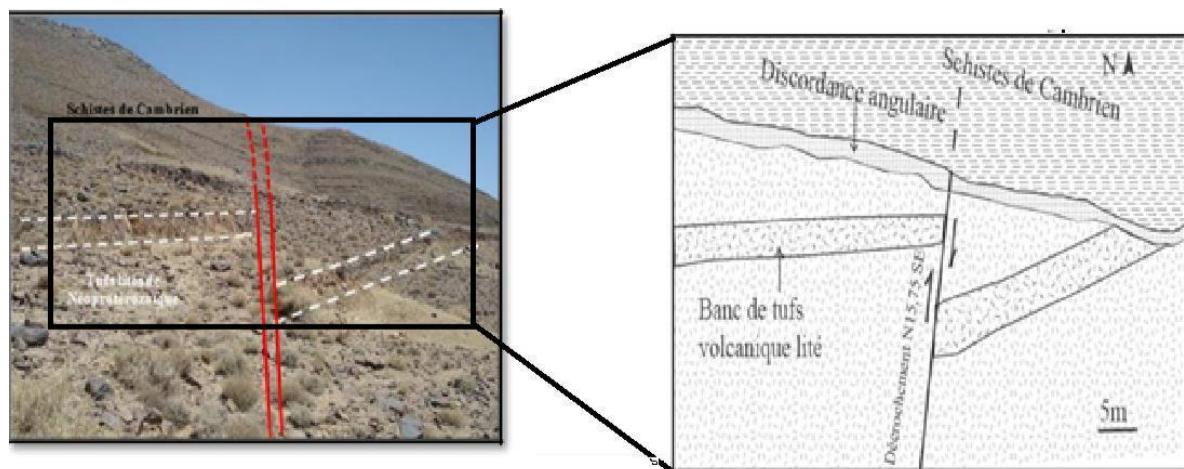


Figure 16:Vue vers le Nord, illustrant la discordance angulaire entre les tufs volcaniques du complexe supérieur et le Cambrien marqué par le niveau de brèche à Micmaca, avec un schéma explicatif à droite

On a pu caractériser aussi différents dykes présentant des extensions importantes, et des failles puissantes à remplissage de quartz blanc ou des carbonates altérées, elles sont dominantes au fond, et sont responsables de la perturbation des structures minéralisées.



Figure 17:: Photos des failles à remplissage de Quartz (à gauche) et des carbonates altérées (à droite)

Une famille de faille N80 à pendage vers le Sud affecte des bancs gréseux au niveau du Paléozoïque. Elle montre une direction prépondérante E-W. Les mesures de pitch sur le miroir des stries sont entre 25° et 30° avec un plongement vers E. Les observations du terrain montrent une cinématique du jeu **dextre normal**.



Figure 18: Photo illustrant une famille de stries sur un miroir de faille (N80) affectant les grés de Tabanit

I-2- Réalisation de la carte des linéaments dans la zone d'étude

De nombreuses études ont montré que la télédétection, par le caractère synoptique des images satellites, révèlent l'abondance des structures linéamentaires ce qui a amélioré de façon significative les connaissances sur la localisation des zones à potentialité minière.

Les données utilisées proviennent du satellite Landsat-5 TM dont la diversité des canaux fournit à l'interprète une multitude d'informations à manipuler (7 bandes spectrales), Nous avons donc calculé les composantes principales à partir de 6 bandes spectrales TM. La bande thermique TM6, compte tenu de sa résolution spatiale de 120m, a été exclue parce que sa résolution est inférieure à celle des autres bandes (30 m).

A partir de l'image obtenue par la composition des bandes, on fait le filtrage spatial par convolution pour éliminer le bruit contenu dans les données, ensuite on utilise une fenêtre de 5 x 5 pour détecter les linéaments majeurs et une fenêtre de 3 x 3 pour générer les structures plus fines (figure. 20).

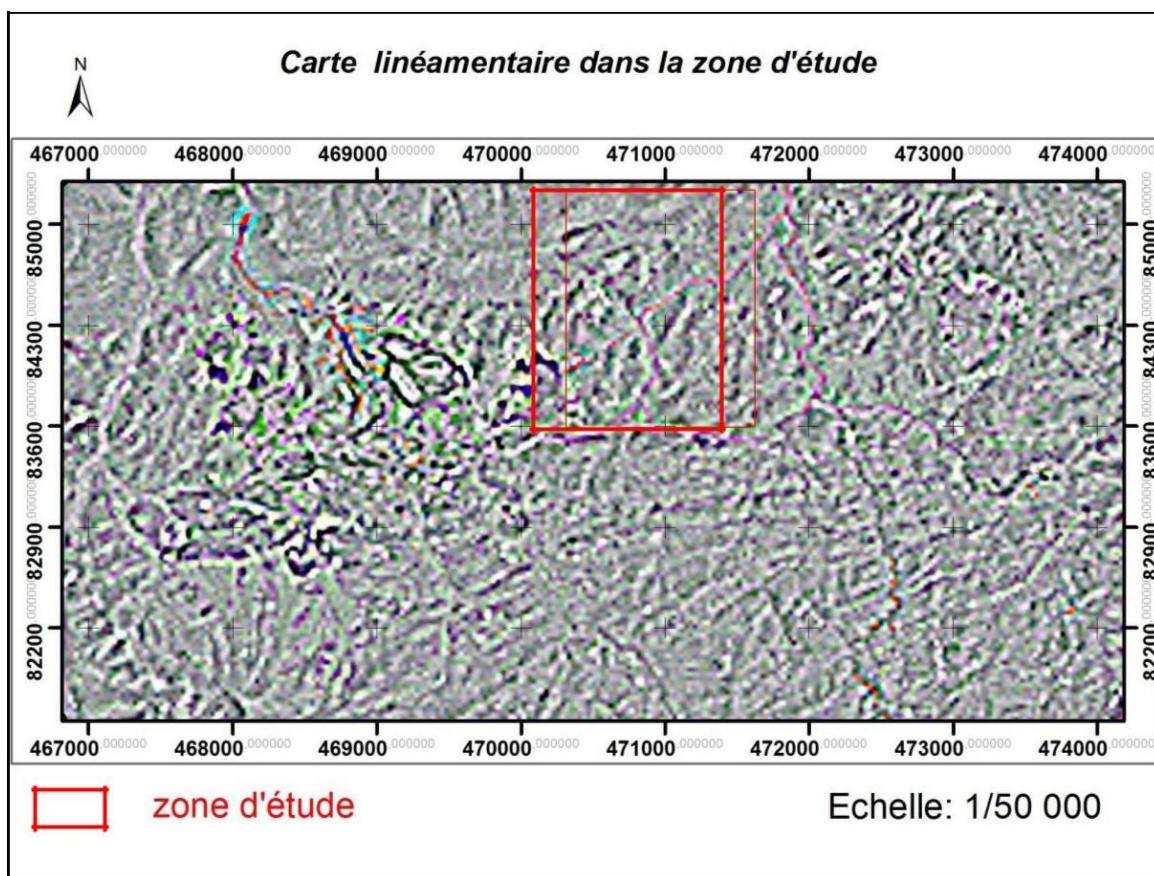


Figure 19: carte de linéaments issue du rehaussement et du filtrage spatial

Ensuite nous avons réalisé la cartographie des linéaments en digitalisant tous les linéaments détectés sur l'image filtrée à la base d'un système d'information géographique (Arcgis), en s'appuyant sur les fractures et les failles déjà représentés sur la carte d'Imiter (1/50000). La carte

de linéament obtenu est représentée dans la figure ci-dessous. Elle nous révèle différentes orientations de linéaments à des longueurs métriques et kilométriques, elles sont plus denses au nord d'imiter II par rapport au sud, ces failles, en plus qu'ils affectent le Néoprotérozoïque moyen et supérieur, on les trouve aussi dans le Paléozoïque, et qui sont responsables du décalage et de la discontinuité des structures au niveau de gisement d'Imiter.

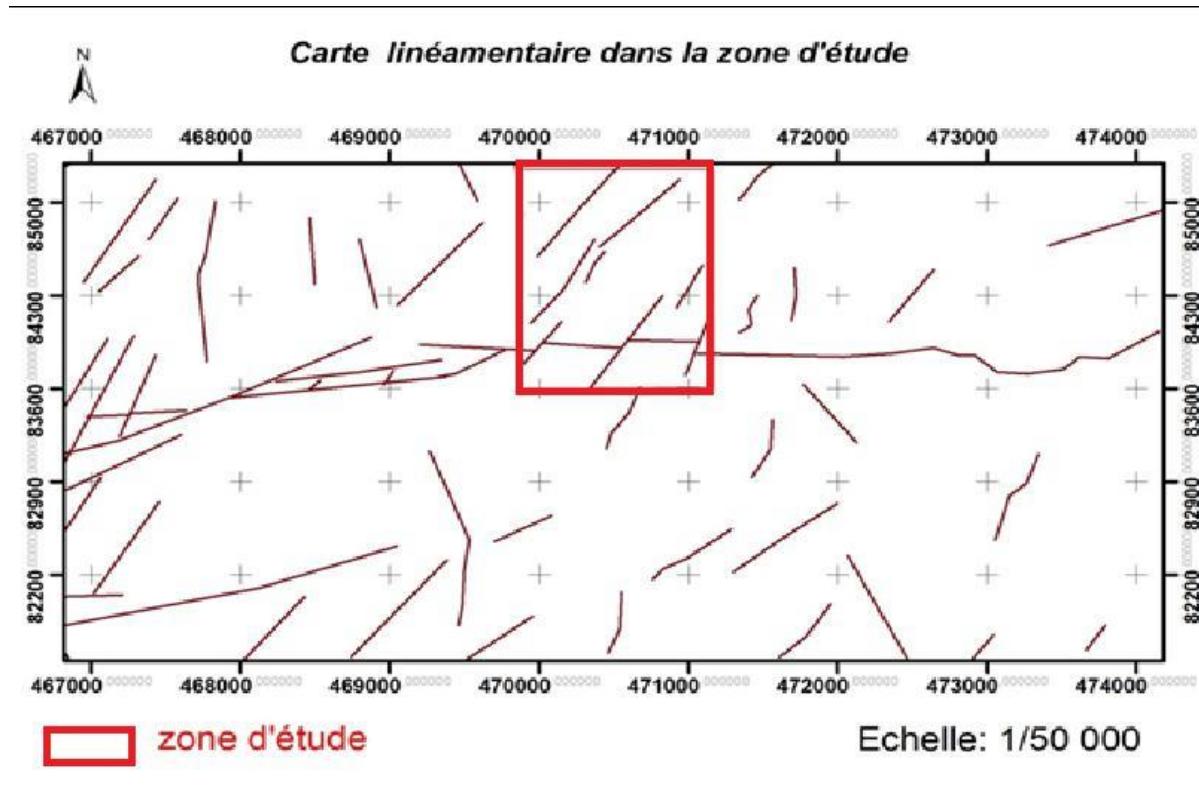


Figure 20 carte des linéaments extraite de l'image filtrée

D'après les hypothèses déjà posées pour expliquer comment ces failles ont joué, on trouve que les failles panafricaines NE-SW à direction de N40° à N60° et à pendage fort, voisin de 80° vers le NW, sont synchrones à la minéralisation, donc son responsable de la discontinuité des structures minéralisées, et que les failles post panafricaines NNE-SSW à direction de N10° à N30° sont postérieur à la minéralisation, donc elles les décalent avec des jeux centimétriques à métriques. Une étude approfondie au fond dans le secteur d'Imiter II a été adopté pour essayer de répondre à ces hypothèses.

II- étude géologique au fond (Imiter II)

II-1- Présentation de la zone d'étude (Imiter II)

Le secteur d'Imiter-II est à 600m à l'Est du centre minier d'Imiter, il renferme le puits 3 (ou colline B3) et le puits C subdivisés en trois principaux chantiers : le Corps principal, Structure Sud, la R7 exploités à différents niveaux, (fig.).

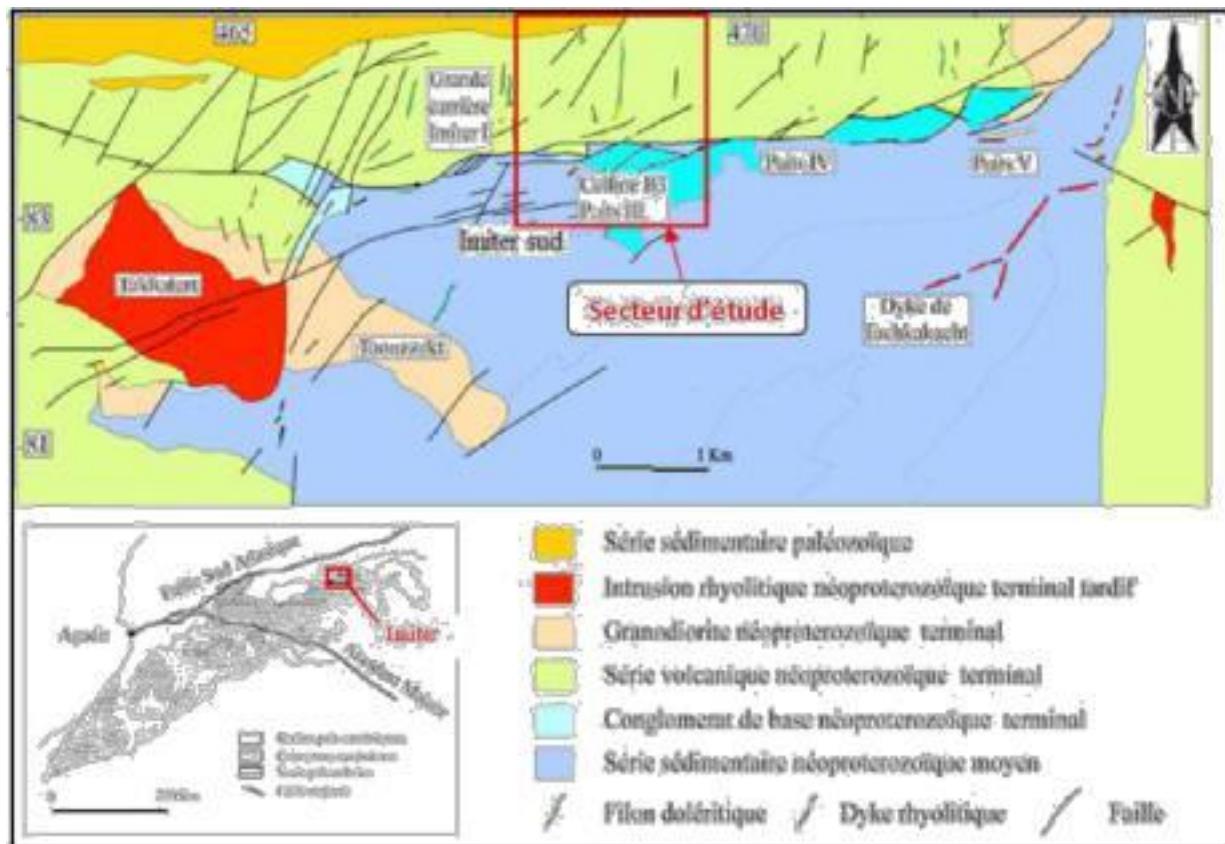


Figure 21: Le secteur d'étude Imiter (Imiter II)

II-2- Géologie d'imiter II

La typologie des corps minéralisés d'Imiter, basée sur le contexte géologique et sur la morphologie, Permet d'identifier trois types de corps :

- Des corps sous forme d'amas subhorizontaux qui se concentrent au contact des formations du socle avec la couverture volcano-sédimentaire du Néoprotérozoïque moyen. La minéralisation est sous forme de stockwerks encaissés dans les conglomérats et les tufs de base du Néoprotérozoïque. Ces corps ont constitué, dans le passé, l'essentiel de la minéralisation et sont actuellement épuisés.
- Des filons à pendage nord, encaissés dans les métapélites associées aux accidents majeurs à jeux multiples. Ces corps sont puissants et présentent des teneurs élevées.

- Des filons à pendages sud, sécants sur la stratification S1 ; ils ont été mis en évidence récemment, grâce au développement des techniques d'exploration en géologie minière. Ils sont sous forme de fentes intimement liées aux accidents majeurs, dont ils reflètent le rejet cassant synchrone de l'événement minéralisateur. Ils sont peu puissants mais s'étendent horizontalement sur plusieurs centaines de mètres.

Dans le secteur d'Imiter II, la forme de la minéralisation diffère selon la nature de l'encaissant, ainsi dans le PII, elle est représentée par des structures filonniennes dont la direction privilégiée est N 70 à N 80. Dans le PIII, la minéralisation se présente sous forme de corps en amas de direction Est Ouest. En outre, cette minéralisation se trouve parfois disséminée dans la roche encaissante du PII et du PIII.

Le secteur d'imiter II englobe plusieurs structures minéralisées tels que : structure SS1, structures Sud B3, structures Sud PC, Jonction P3-PC et les structures R4, R5, R6, R7 et R8 (figure.22).

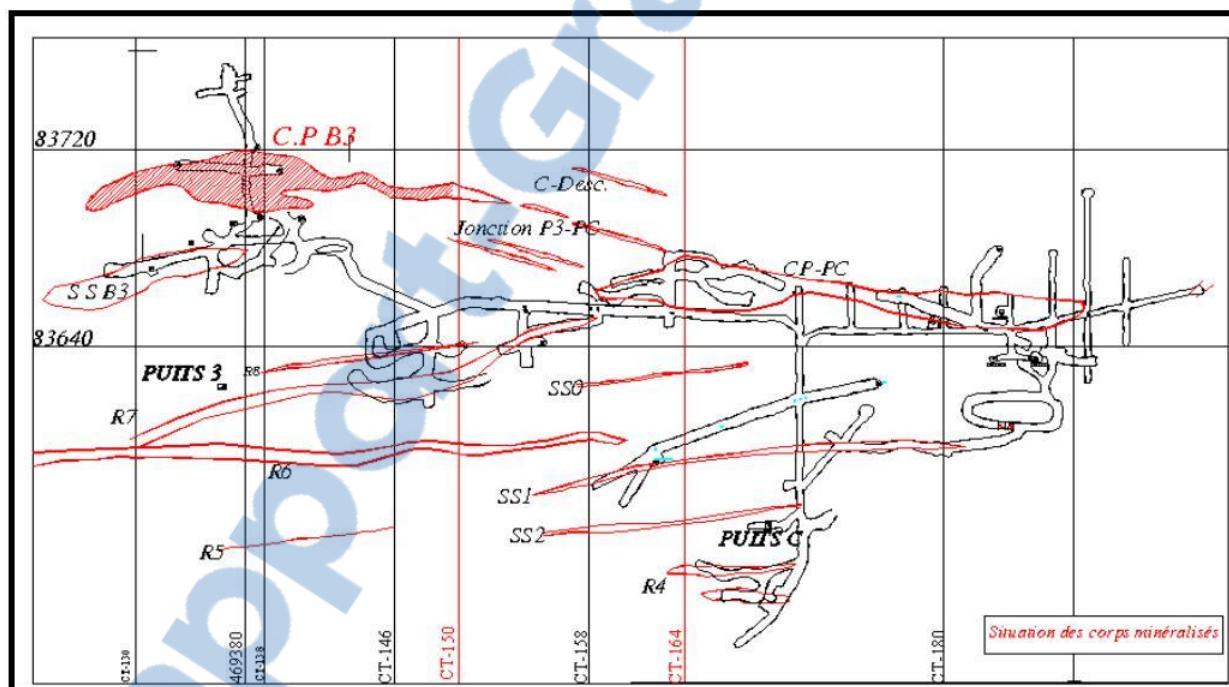


Figure 22:: Principaux corps minéralisés de secteur imiter II.

II-3- Minéralogie d'Imiter II

Au secteur d'Etude d'Imiter II, La paragenèse minéralogique comprend les métaux des gisements voisins d'Imiter. Elle est composée de :métaux natifs de sulfosels et de Sulfures

- Argent natif** : à Imiter, l'Ag est souvent disséminé dans une gangue quartzuse, pélitique (silicifiée) ou carbonatée, et on le trouve aussi sous forme des plaquettes au sein des formations (Figure. 23).

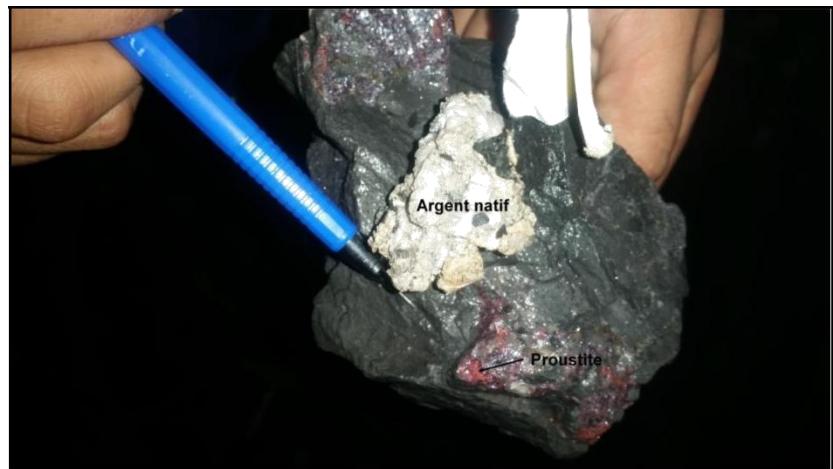


Figure 23: Photo montrant l'Ag natif et la Proustite dans les pélites noires

- **Galène, PbS** : est une espèce minérale composée de sulfure de plomb de formule PbS avec des traces : Ag, Bi, Se, Te, Cu, Zn, Cd, Fe, As, Sb, Mo, Au. Dans le gisement d'Imiter on trouve de la galène qui se présente soit en cristaux massifs automorphes, en microcristaux agglomérés ou avec une texture rubanée dans la dolomie rose, comme elle peut être disséminée dans l'encaissant. Elle est également associée à la sphalérite et la chalcopyrite (Figure.24).



Figure 24: Photo illustrant les Cristaux de Galène au sein de dolomite rose

- **Pyrite, FeS₂** : la pyrite est très abondante, généralement elle se présente en gros cristaux sur la dolomite et/ou quartz ou en veinules au sein des structures et l'encaissant, la pyrite est disséminée aussi dans l'encaissant surtout dans les métapélites noirs (Figure . 25).



Figure 26 : Photo de pyrite et galène dans les pélites –gréseux

- Sphalérite, ZnS** : A imiter souvent mielleuse, en association fréquente avec la galène dans l'enveloppe et à l'intérieur de la minéralisation Argentifère à gangue carbonatée. La sphalérite et la galène sont également présentes dans la gangue quartzeuse. Elles forment aussi la principale minéralisation des grès broyés. La blende renferme parfois en inclusion la chalcopyrite. Dans le gisement argentifère d'Imiter la sphalérite est moins abondante (à l'échelle macroscopique), et se présente généralement en petits cristaux au sein de la pyrite ou isolé dans les microfractures au sein de la dolomie rose
- **Chalcopyrite, CuFeS₂** : très fréquemment associée à l'argent natif, elle peut être corrodée par la blende ou peut s'y trouver en inclusions. La chalcopyrite est aussi associée à la pyrite sous forme des plaquettes millimétrique englobant la pyrite,
 - **Arsénopyrite, FeAsS** : c'est le minéral le plus répandu dans la phase argentifère. Il se présente sous forme disséminée ou en association avec la galène, la sphalérite, la chalcopyrite, la pyrite et les minéraux d'argent (amalgame, polybasite et pyrargyrite) (Figure 27).

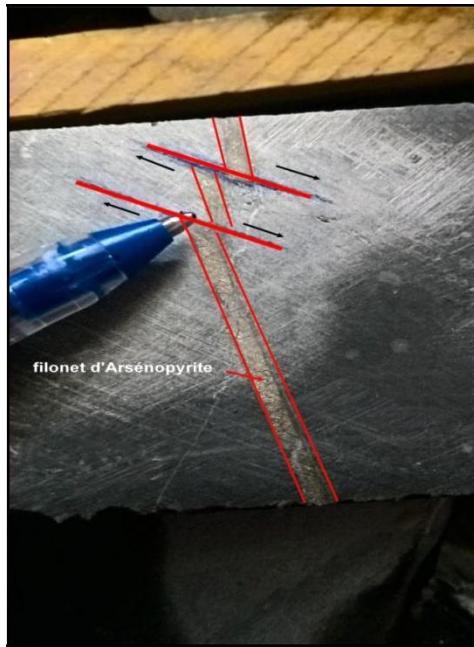


Figure 26: Photo d'arsénopyrite dans une carotte de sondage

- **Proustite, Ag₃As S3** : est un minéral de couleur rouge, ce minéral d'argent, appartient au groupe des sulfosels. A Imiter la proustite est fréquente, et se présente sous forme disséminée et associé à la galène, sphalérite et minéraux d'argent, il forme une série avec la pyrargite, (Figure 23).

II-4- Niveau 1050

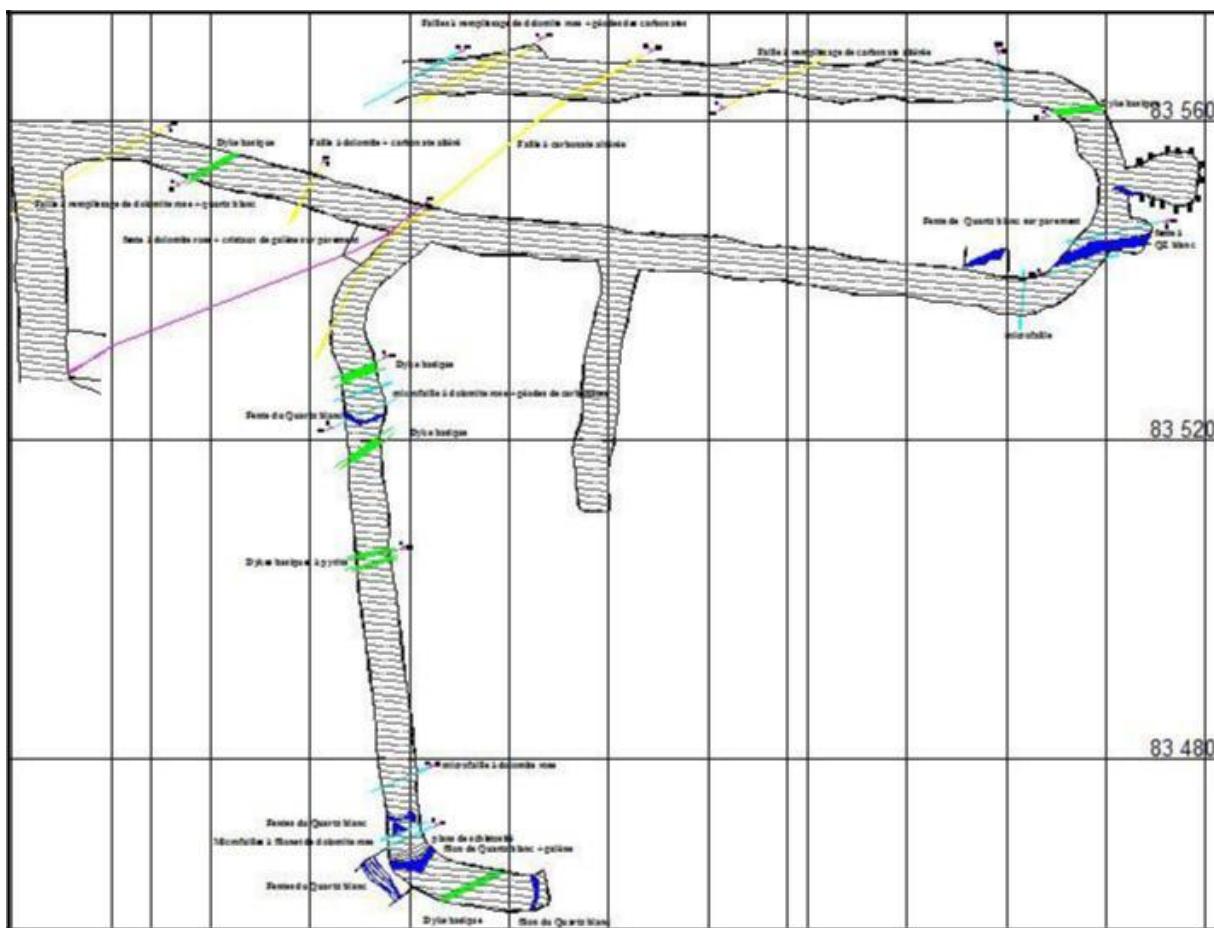


Figure 27 :Levé géologique de la couronne au niveau 1050(Imiter II)

Ce niveau est caractérisé par un faciès gréso-pélitique présentant une direction de schistosité vers le Nord, affecté par plusieurs failles et diaclases à remplissage de carbonates altérés et la dolomite rose, les dykes présentés sont du type basique ayant une direction qui varie de N70 à N80 avec un pendage de 70° vers le NW. L'analyse stéréographique des failles présentant à ce niveau permet d'extraire trois familles :

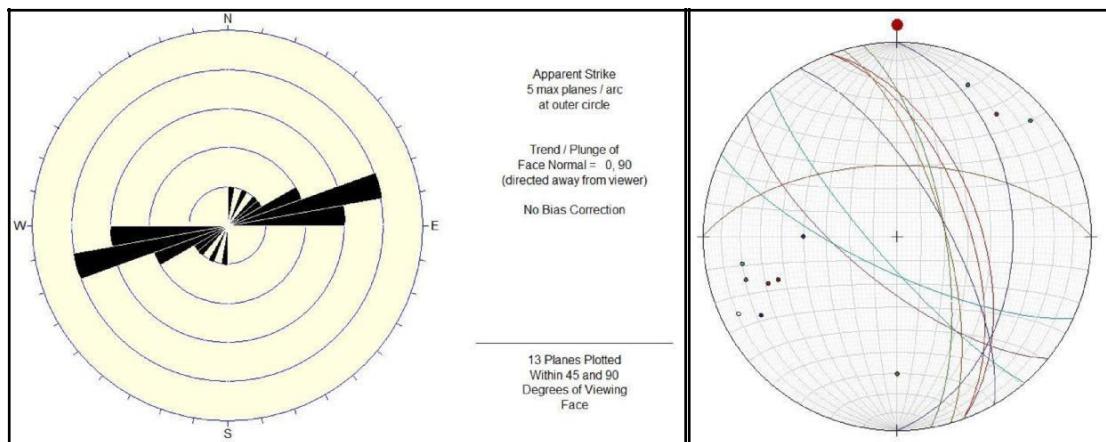


Figure 28:: représentation stéréographique des failles affectants le niveau 1050

Failles ENE-WSW : ces failles ont des pendages opposés environ de 80° vers le Nord et 70° vers le Sud, et une direction de N80, entre ces failles, on constate l'ouverture d'une fente à Quartz blanc. D'après les résultats de Levresse, cette famille de failles appartient au régime A dans un jeu normal.

Failles NE-SW : ces failles recoupent la stratification, ils sont d'ordre centimétrique à métrique de direction N40 à N70 et à pendage 75 vers le NW et parfois vers le SE. Au contact de cette dernière, une fente de dolomite rose à des cristaux de galène a été mise en évidence (Figure 29) dans un jeu inverse.

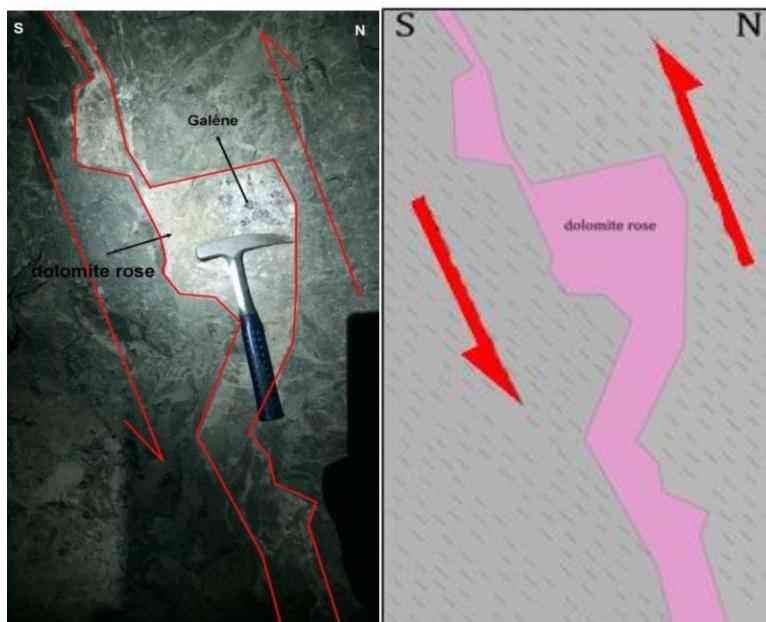


Figure 29: photos illustrant l'ouverture de fente dolomitique par un jeu de faille inverse

Failles NNE-SSW : ces failles sont de tailles millimétriques, ont une direction de N10 à N30 et un pendage de 70 vers le SE, ils sont remplis par des carbonates altérés et la dolomite rose. Levresse a confirmé que ces deux familles de failles appartiennent au régime B, ils correspondent à un rejeu en décrochement senestre transtensif des failles normales de régime précédent.

II-5- Niveau 1200

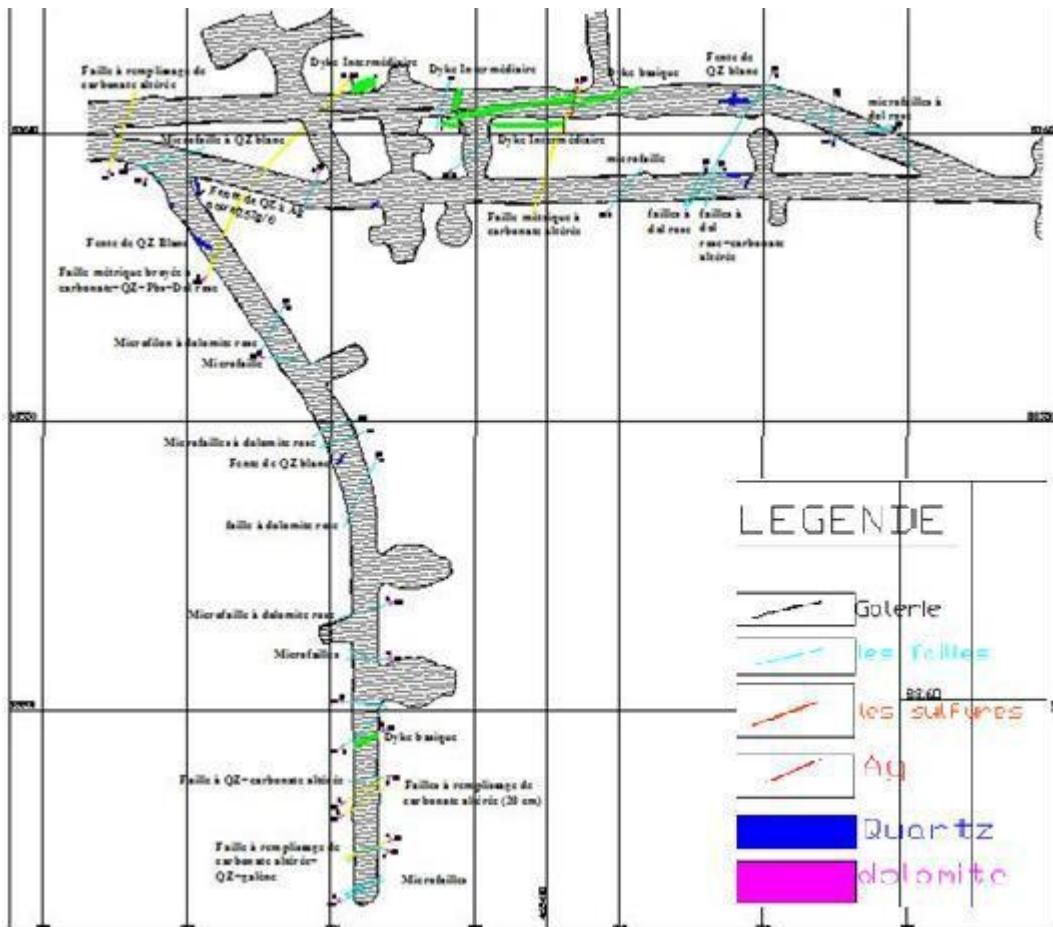


Figure 30: : Levé géologique de la couronne au niveau 1200(Imiter II)

Le levé géologique de la couronne au niveau 1200 nous démontre la présence de trois familles de failles affectant un encaissant gréso-pélitique. Généralement le pendage de la schistosité est environ 70° vers le nord, avec une direction N80, on peut constater aussi la présence des dykes de nature différente, soient intermédiaires ou basiques, et des fentes de quartz blanc qui on fait l'objet d'échantillonnage et ont révélé une teneur important d'Argent noire (252 g/t). D'après la représentation stéréographique, on peut caractériser trois familles de failles principales :

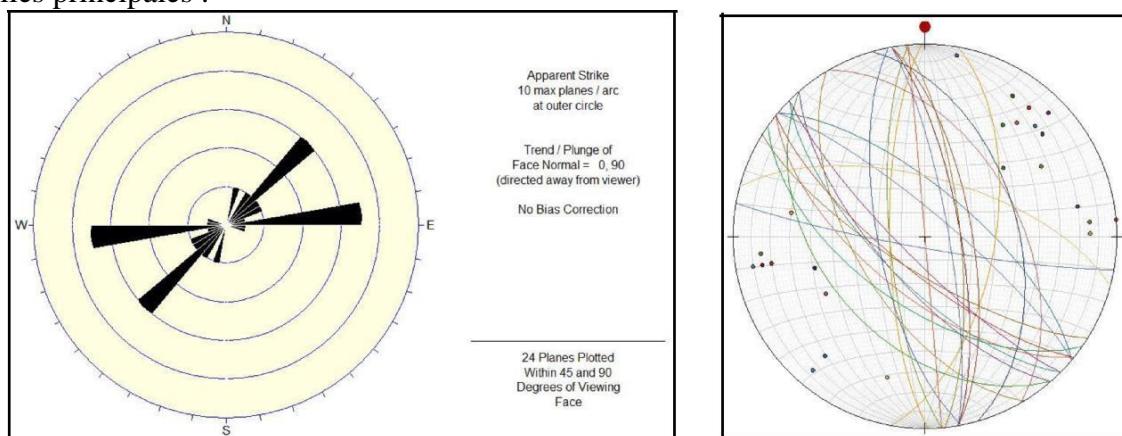


Figure 31: représentation stéréographique des failles affectants le niveau 1200

Failles E-W : ne sont pas très fréquentes à ce niveau, elles sont de direction N80° avec un fort pendage proche de 90°. Elles sont arrêtées par les failles NE, et décalent un dyke de type intermédiaire. Ces failles se sont toujours des failles normales correspondant au régime A.

Failles NE-SW : elles se caractérisent par une grande épaisseur (1m), à remplissage d'altération de carbonate, quartz, galène et la dolomite rose, elles ont une direction N40 à N60 et un pendage fort (80) vers le NW.

Faille NNE-SSW : c'est une faille métrique à remplissage de carbonates, avec une direction de N15 et pendage 60 vers le NW, cette faille recoupe un dyke basique en décrochement senestre sur la couronne (voir levé), et décale un dyke intermédiaire en jeu inverse sur le parement (Figure 32).



Figure 32: photos montrant une faille inverse sur le parement

Ces deux dernières familles correspondant au régime B, ils ont joué en décrochement senestre, parfois en jeu inverse.

II-6- Niveau 1070

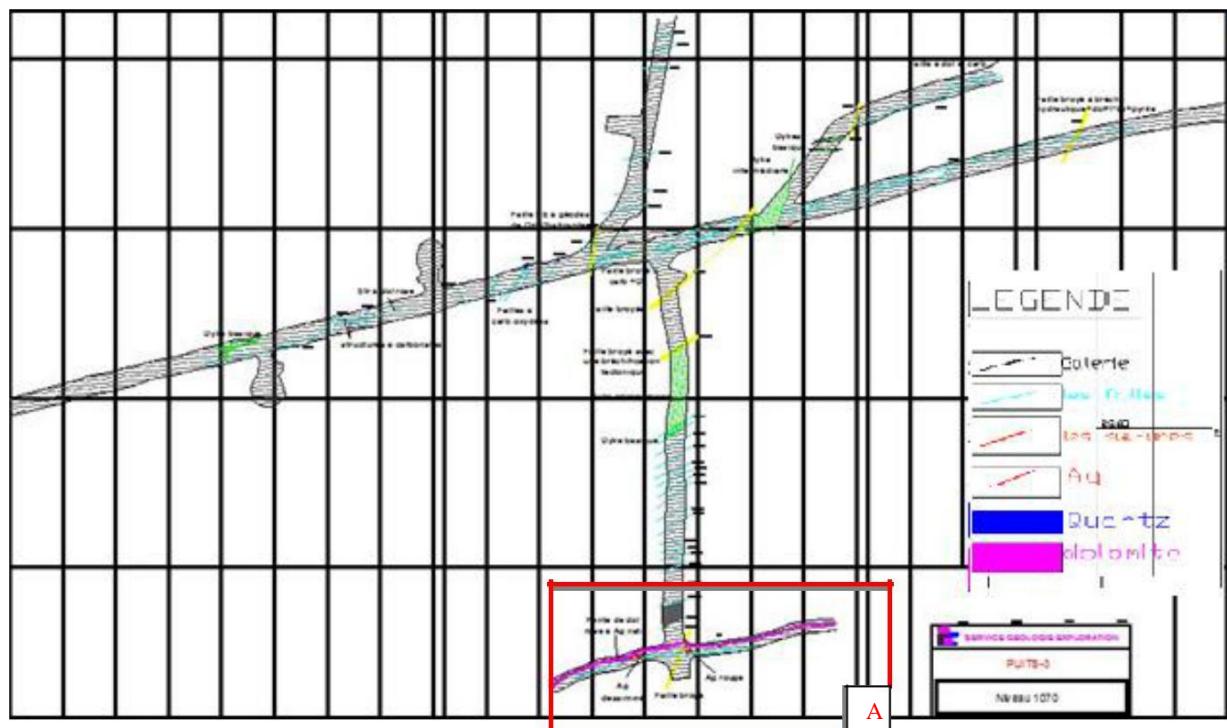


Figure 33: Levé géologique de la couronne au niveau 1070(Imiter II)

La structure ciblée dans ce niveau nommée SS1, a une puissance qui varie entre 30 cm et 1m. Sa direction générale est E-W à NE-SW (N65° à N80°) avec une déviation vers l'extrémité Est de la structure pour atteindre une direction N30°, son pendage est variable entre 55° et 70° vers le sud, elle présente la plus importante de point de vue teneur en Ag dans la zone d'imiter II.

L'encaissant de la SS1 présente généralement des variations au niveau de la granulométrie et présente des alternances de niveaux gréseux et pélitiques, puis des niveaux intermédiaires (grésopélite et pélite-gréseuse). La stratification est orientée N70° à N90° et présente un pendage fort vers le nord de 70° à 80°.

Ce niveau se caractérise par l'intrusion de deux types de dykes (intermédiaire et basique), il est affecté aussi par plusieurs familles des failles dont la plupart se sont des failles NE-SW.

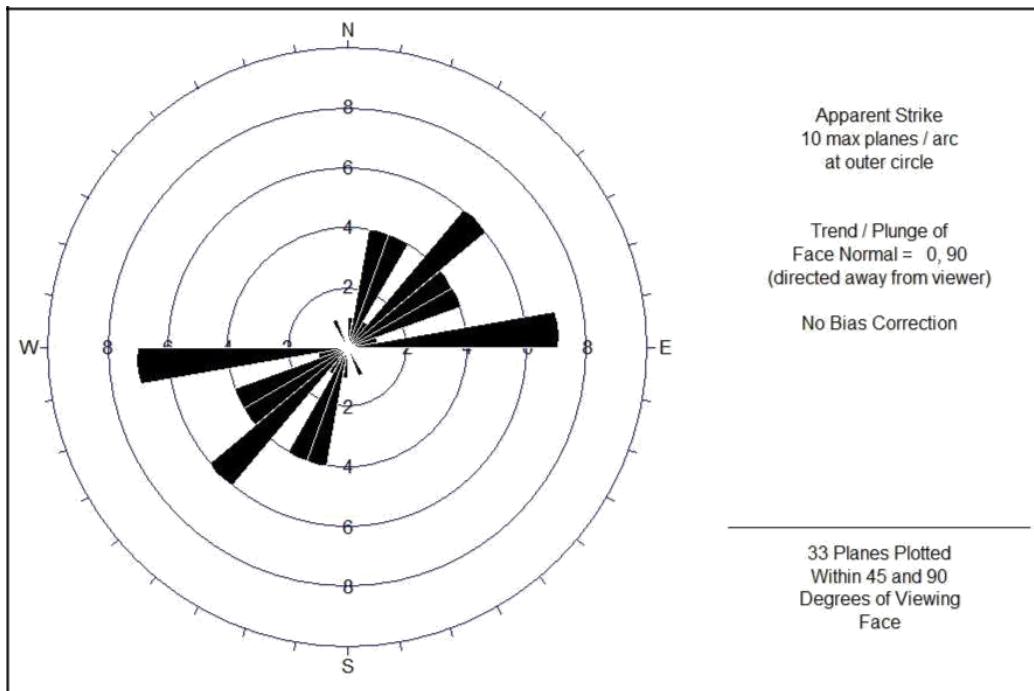


Figure 34:: représentation stéréographique des failles affectant le niveau 1070

Famille NE-SW : elle est plus fréquente dans ce niveau, présentant une direction qui varie entre $N40^\circ$ à $N60^\circ$ et un pendage fort environ de 80° vers NW ou SE. Dans pas mal de fois, on les trouve décalant les failles E-W en décrochement senestre.

Famille NNE-SSW : cette famille se caractérise par une épaisseur moyenne de 40 cm à remplissage de carbonate et des brèches hydrauliques, elle a un pendage fort qui varie entre 70° et 80° vers le NW, et une direction $N10^\circ$ à $N30^\circ$.

Dans la zone minéralisée, on constate que la SS1 a été décalée par une faille NNE ($N25^\circ, 70^\circ$ NW) qui a joué en jeu inverse. Donc on peut dire que la minéralisation est antérieure à cette famille de failles, et puisque la minéralisation au niveau d'imiter était déposé pendant l'âge panafricaine (tuduri 2005) on peut conclure que cette famille de failles sont générée pendant l'orogenèse hercynienne post-panafricaine.

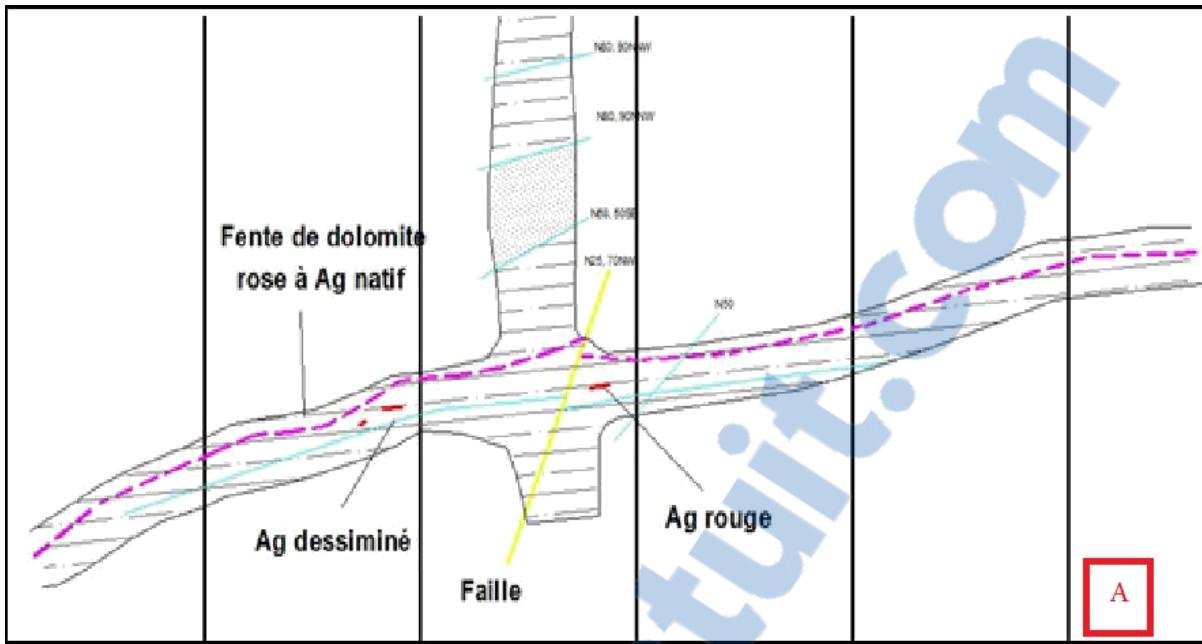


Figure 35 : La SS1 décalé par une Faille N25 en jeu inverse au niveau 1070

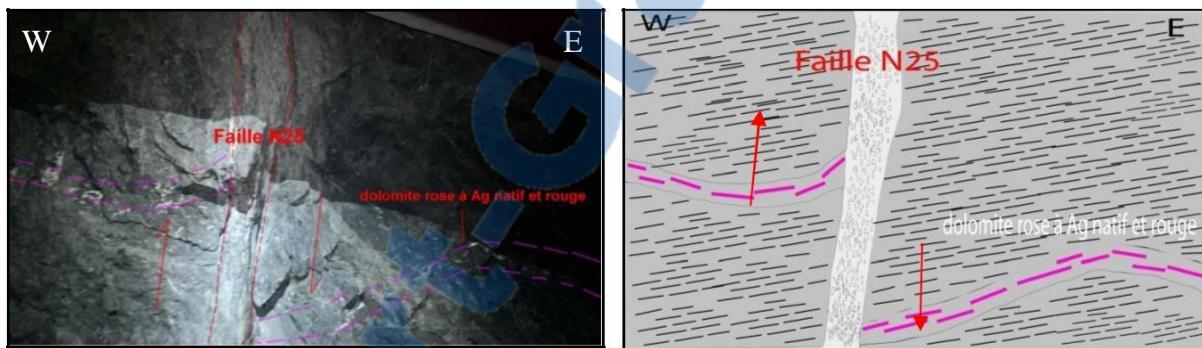


Figure 36: Photos montrant le décalage inverse de la SS1 par une Faille NNE

Famille E-W : elle est bien mise en évidence à ce niveau, elle se caractérise par une direction N80° à N90° avec un pendage voisin de 80° vers le Nord.

Famille NW-SE : est peu importante, elle montre un jeu normal, se caractérisant par un remplissage quartzique à pyrite, avec une direction de N150° et un pendage de 80° vers le SW.

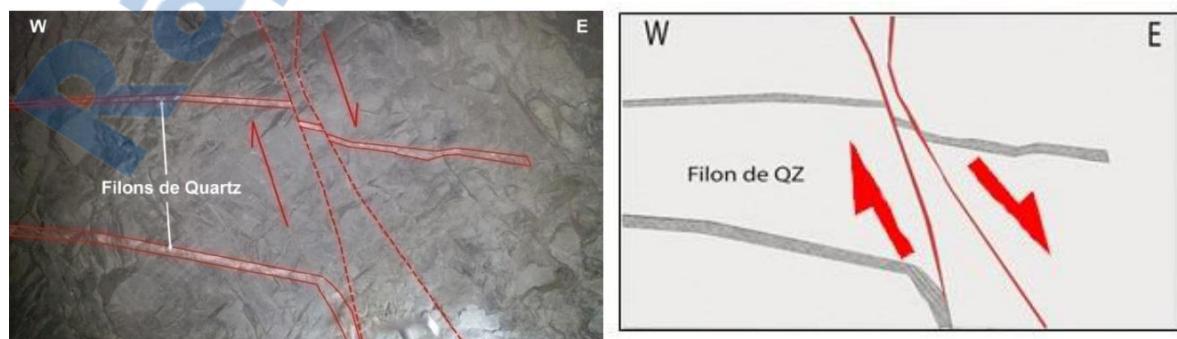


Figure 37: photos illustrant des filons quartzueux affectés par des microfailles avec un jeu normales

II-7- Levé géologique au niveau 1260-1280

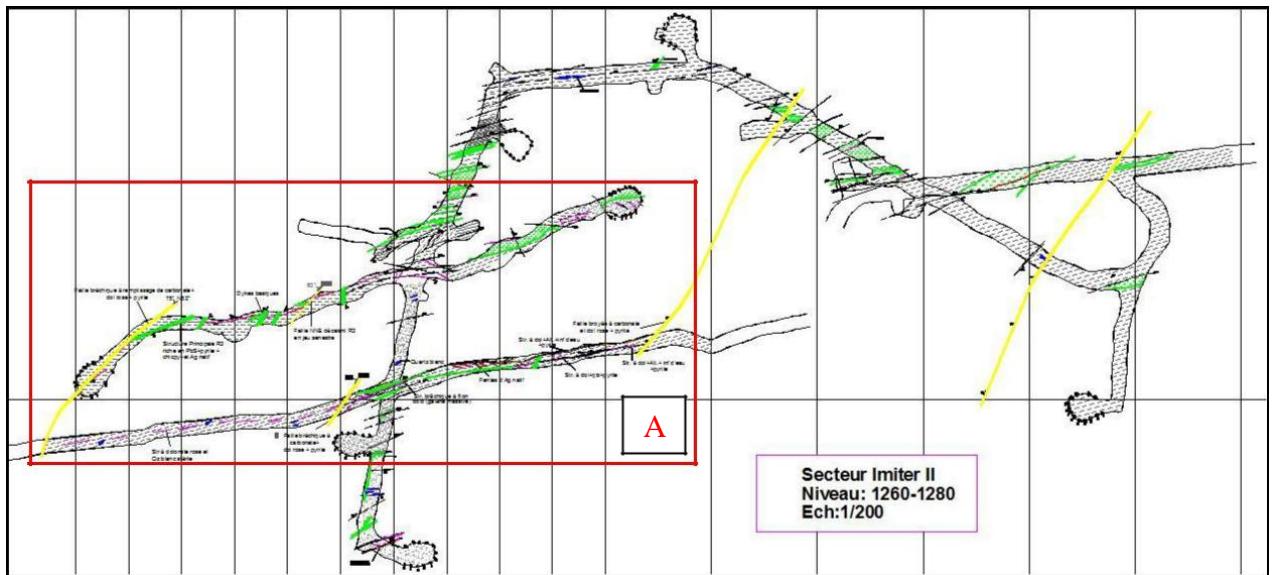


Figure 38: Levé géologique de la couronne au niveau 1260-1280 (Imiter II)

Le levé géologique de la couronne à ce niveau montre une complexité structurale importante, il présente l'intrusion de plusieurs dykes à natures différentes, et des familles des failles à diverses directions et pendages. Les plus affectant sont des failles NE et NNE à ces failles ont une épaisseurs qui peuvent atteindre jusqu'à 1m ou même plus, , les autres familles sont aussi nombreuses, mais n'ont aucune relation avec les structures, en revanche elles peuvent décaler les uns les autres, de ce fait qu'on peut déterminer la chronologie des failles pendant l'histoire géologique grâce au principe de recouplement. Ainsi on trouve que les failles E-W s'arrêtent ou se décalent en décrochement sénestre par les failles NE et NNE, eux même affectées par les failles NS en décrochement majoritairement dextre, et les failles NW dans pas mal de fois, on les trouve décalant les failles NS en jeu normale. Donc on peut dire que les failles E-W sont les premières qui viennent, suivi par les NE et NNE, ensuite arrivent les failles NS, et les NW sont les dernières.

La structure exploitée à ce niveau nommée R3, elle présente une extension horizontale importante, avec une direction d'environ N70°, et un pendage proche de 75° vers le Nord. Elle fait partie des structures minéralisées dont l'argent se présente sous sa forme native riche, elle est encaissée dans des formations de pélite noire, avec une gangue principalement de la dolomite rose, on peut trouver en plus de l'Argent natif et rouge, l'association des minéraux de base tels que la galène qui présente le métallotecte majeur, la pyrite et la chalcopyrite.

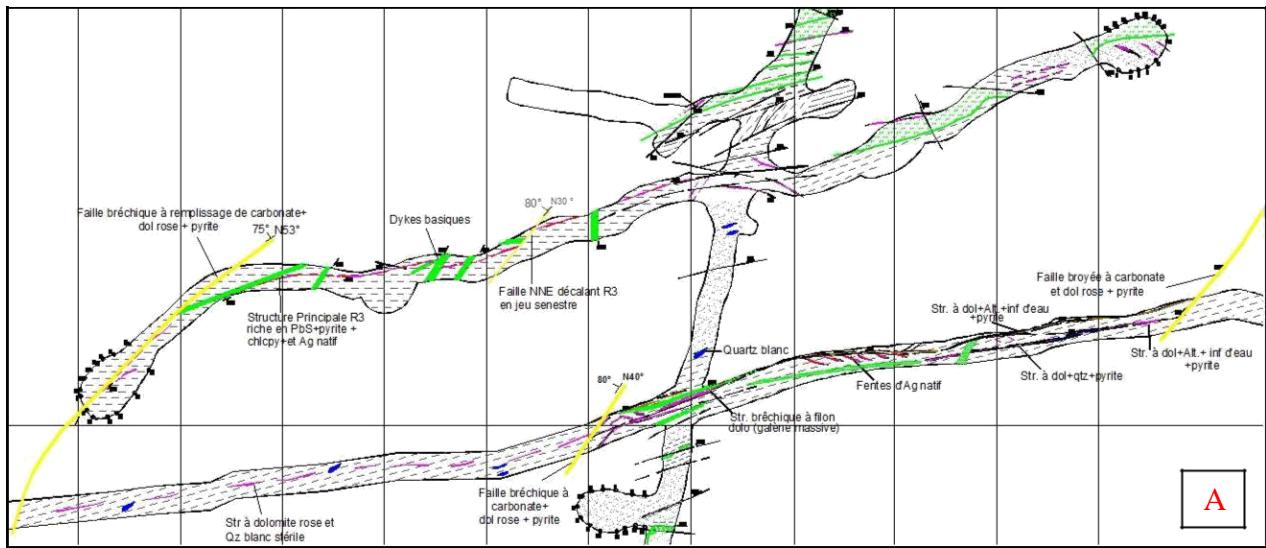


Figure 39: levé montrant la discontinuité de la structure principale R3 par des failles NE illisible

D'après cette figure, on observe la présence de deux structures R3 de mêmes caractéristiques dans deux galeries d'exploitations parallèles à directions E-W. La galerie en haut permet le suivi de la structure R3, on peut noter qu'elle s'arrête au contact d'une faille NE-SW à direction N53° et pendage 75° vers le NW, ainsi elle se décale en jeu sénestre par une faille NNE-SSW à direction N30° et un pendage fort environ de 80° vers le NW. Pour la structure en bas, elle se limite par deux failles NE, présentant une direction N40° et un pendage de 70° vers le NW à remplissage de brèches de carbonate et de pyrite. A l'ouest de la faille à gauche, on trouve que la structure est présente mais les analyses géochimiques des échantillons prélevés par écaillage montrent qu'elles sont stériles.

II-8- Levé géologique au niveau 1280-1300

Ce niveau se caractérise par l'alternance du faciès des grès et pelites noires, la schistosité présente une direction environ de N75° et un pendage proche de 80° vers le Nord. Il est affecté par plusieurs familles de failles et fractures à remplissage principalement du carbonate et les brèches hydrauliques.

Les structures exploitées dans ce niveau sont toujours le réseau R3, et le R4 présentant les mêmes caractéristiques que R3 avec moins d'extension. Les résultats tirés de ce niveau sont presque identiques à ceux du niveau 1260-1280, ainsi on trouve la structure R3 qui est limitée par deux failles NE de direction N40° avec un pendage de 80° vers le NW, alors que la structure

R4 se décale en jeu senestre par une faille présentant 80 cm d'épaisseur à direction N25° et un pendage 70° vers le NW.

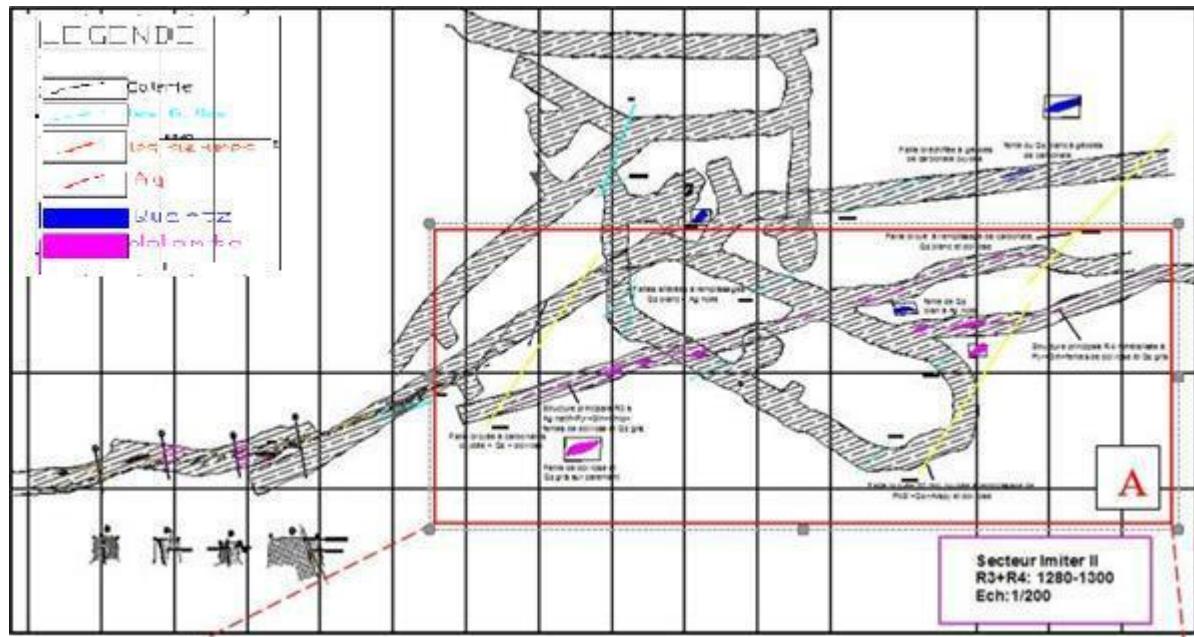


Figure 40: Levé géologique de la couronne au niveau 1280-1300(Imiter II)

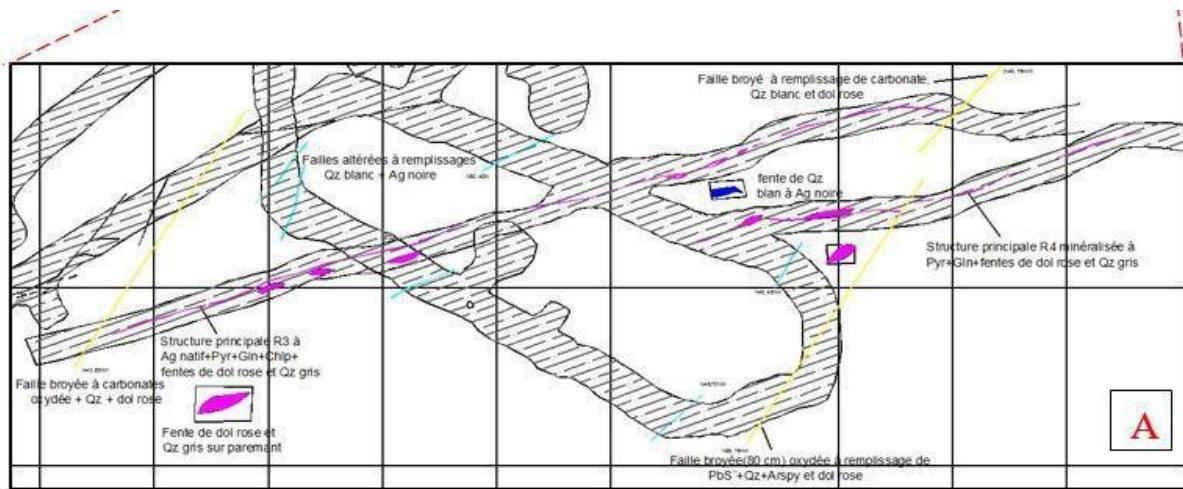


Figure 41:: les structures R3 et R4 affectées par les failles NE et NNE

Chapitre IV. Études minéralogiques et gitologique des facies

L'étude faite lors des levés géologiques de la couronne a pu révéler plusieurs faciès lithologiques dont les plus importants sont les grès,

I- les facies

1-Grès

Tout le long des niveaux étudiés le faciès a montré un aspect grisâtre, microgrenu très compacte et très dures. Elle est considérée comme l'encaissant des structures minéralisées qui ont un pendage fort vers le Nnord ou parfois vers le sud avec une direction générale est-ouest. Dans certains cas ce facies peut montrer une couleur plus sombre que d'habitude ;et dans ce cas on parle de la grésopélite.

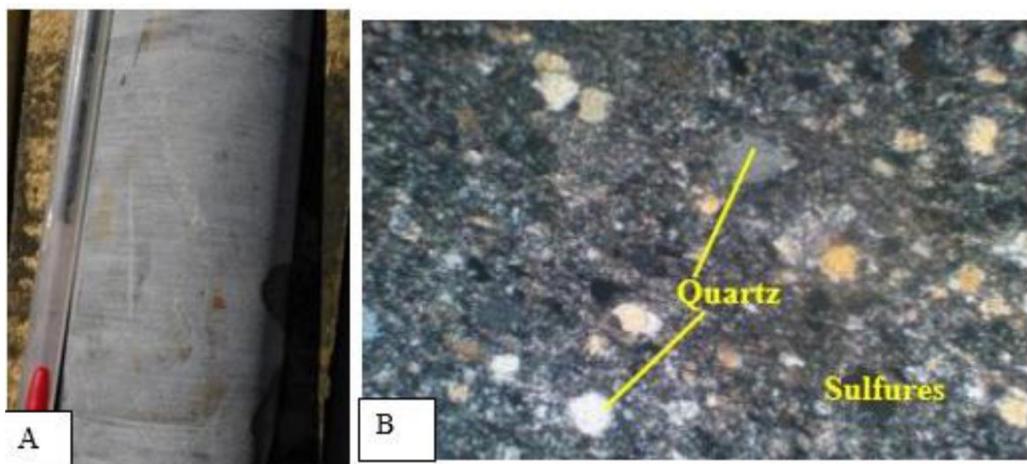


Figure 42 : A) carotte de grès, B) grès avec des cristaux de quartz et des minéraux sulfuré en PLNA

2-Pélites

Sont des roches d'origine sédimentaires, argileuses et détritiques. Elles ont un aspect noirâtre ; l'indice de la richesse de ces roches en matière organique. Comme elles se représentent dans le cas d'Imiter I, l'encaissant des structures minéralisées que des grès. Les zones pélitiques sont caractérisées par un pendage plus ou moins fort et une direction générale Est-Ouest.

De point de vue structurale, les pélites rencontrés dans notre secteur d'étude se montrent parfois, plissée et affectée par un métamorphisme général qui donne lieu à une schistosité remarquable sous ses deux formes : de fracturation plus ou moins parallèle à la stratification, et de crénulation ;

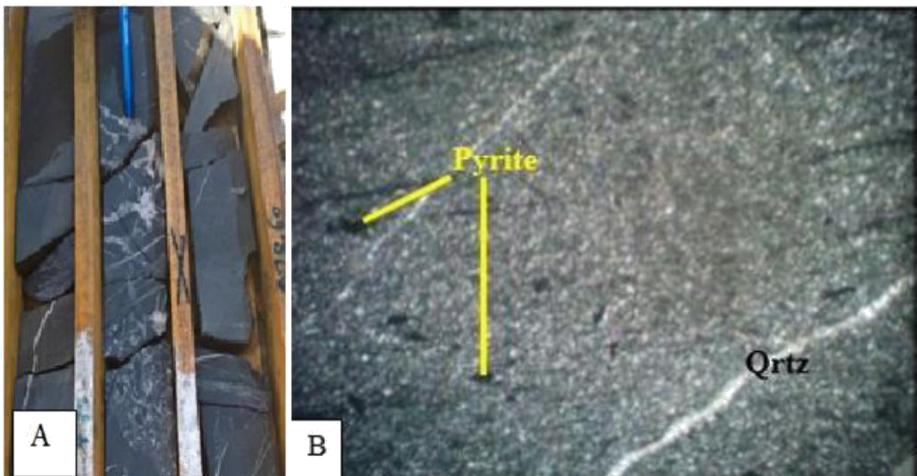


Figure43:A) pelite noir dans les carottes B) pelite avec des cristaux de pyrite et des intrusions de veine de quartz en PLNA

3-Grésopélites

Il existe encore deux faciès intermédiaires entre les pélites et les grès ; on parle des pélites gréseuses ou des gréso-pélites dont la nature de chaque faciès est déterminée suivant le pourcentage de chacun

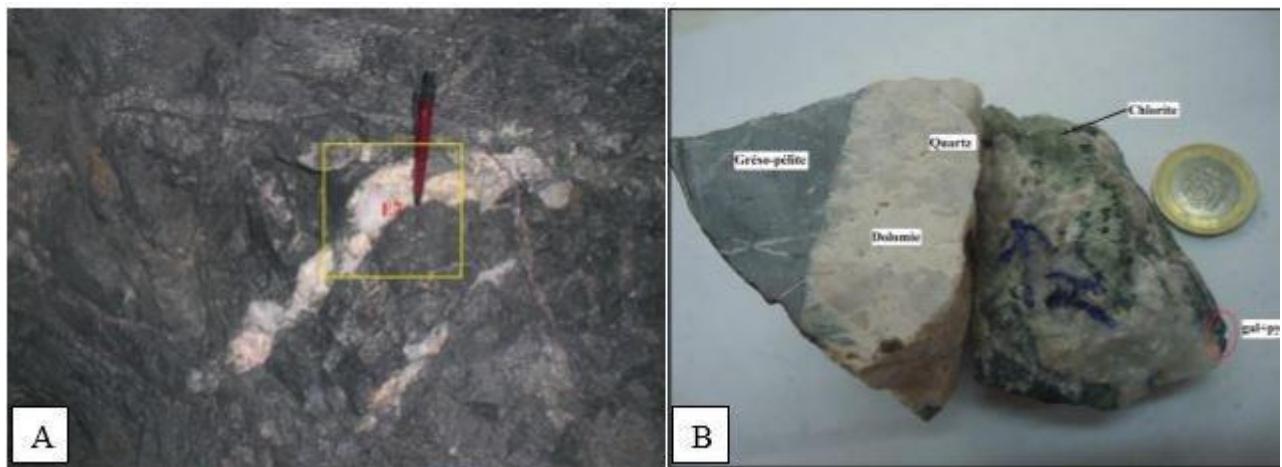


Figure 44:: structure de dolomite rose encaissée dans les gréso-pelite

Ce faciès a plusieurs caractéristiques dans ces trois niveaux. Il présente des couches subvertical avec un pendage qui varie entre 75N et 85N. Avec une direction générale de N75. Affectée par deux familles de diaclases qui ont une direction le long du secteur, de N160 et un pendage : 35E et 60W Elle présente par endroit des zones d'oxydation où la S0 est inaffectée et de même au niveau des zones de failles Elle est intrudée parfois par des dykes basiques ont une direction E-W et un pendage subvertical, ou bien par des filons de quartz de direction et pendage variés. Très riche en sulfures de fer FeS₂ (la pyrite)

4-Dykes

Les dykes sont de nature basique .IL s'agit des filons de roches épaisses de quelques centimètres à quelques mètres. Ils correspondent généralement au remplissage d'une faille par un liquide magmatique basique. Dans les niveaux étudiés, les dykes rencontrés sont caractérisés par leur couleur verdâtre, une extension métrique, et parfois on les considère comme des guides de recherche des structures minéralisée ;

Ce échantillon est prélevé au début de la partie Est de la galerie, dans cette partie la structure recoupe un dyke intermédiaire et se présente en brèche hydraulique cimenté par le quartz Les métaux sont représentés par la galène qui existe en stock Works, la pyrite et la chalcopyrite qui sont disséminées ou massive au sein de l'encaissant et aussi dans quartz. L'altération de la roche se manifeste par des micro géodes de dissolution

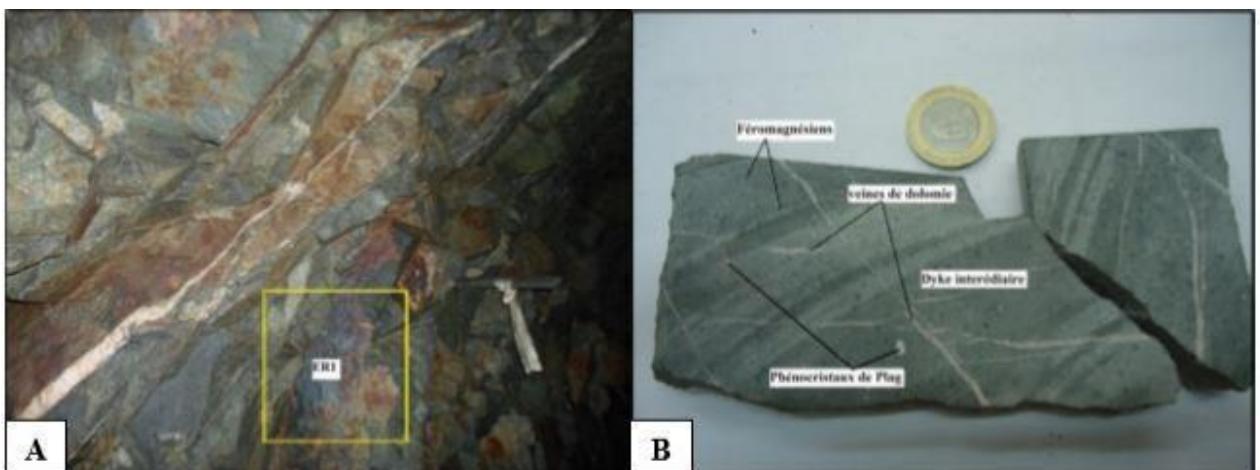


Figure 45:A) endroit du prélèvement du dyke B)



C) La pyrite disséminée au sein d'un dyke, et se présente en plage xénomorphe et en cristaux automorphes losangiques

II- gangue de la minéralisation

1-Dolomite rose

La dolomite se présente soit associée avec le quartz ou sous forme de lentilles massives, et contient parfois des brèches de l'encaissant. Elle est considérée comme le faciès principal porteur de la minéralisation (biblio), Elle se présente sous forme d'un ensemble de veinules qui constituent une structure ou un couloir avec un pendage soit vers le Nord soit vers le Sud. Cette variation de pendage donne naissance à un système de pull-apart qui est le plus représentatif de la distribution de l'ensemble de la minéralisation à Imiter en général ; c'est un ensemble de veinules à pendage vers le Sud qui ont pris lieu entre deux autres veinules à pendage (Figure 33)

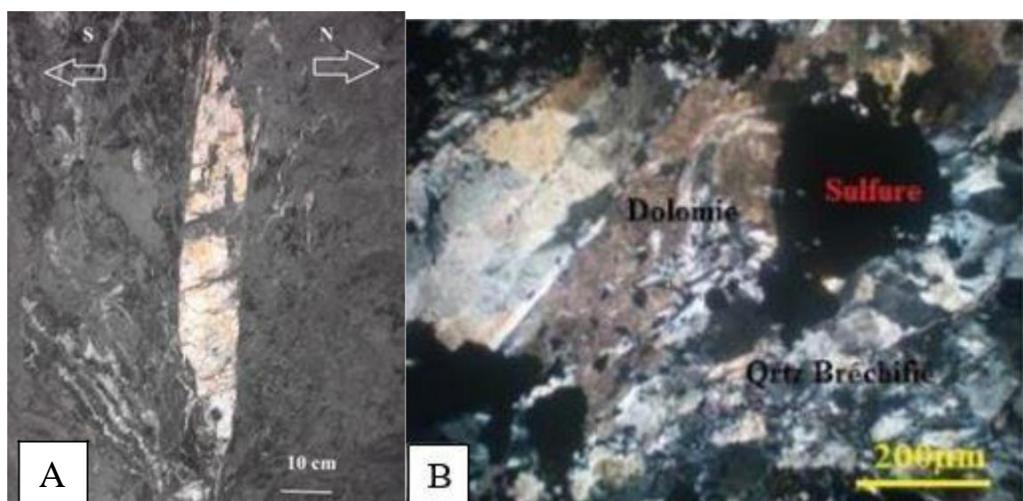


Figure 46: A) fente de dolomite rose B) Cristaux de quartz emballés dans la dolomie

2-Quartz

C'est un quartz blanc qui se présente sous forme de longues veines. Presque toute la structure montre une brèche hydraulique parfois broyée sous l'effet de rejet des failles qui délimitent la structure dans les grandes ouvertures ou la structure a connu une dissolution, seul le quartz a résisté et présente des vides qui peuvent être interprétés comme des boxworks de dolomie rose. Dans les éponges de la structure un autre type de quartz existe parfois, soit en fentes ou en filonnets parallèles à la structure avec des pendages faibles (environ 20°) vers le nord ou vers le sud. Ce dernier type apparaît tardif, et généralement stérile,

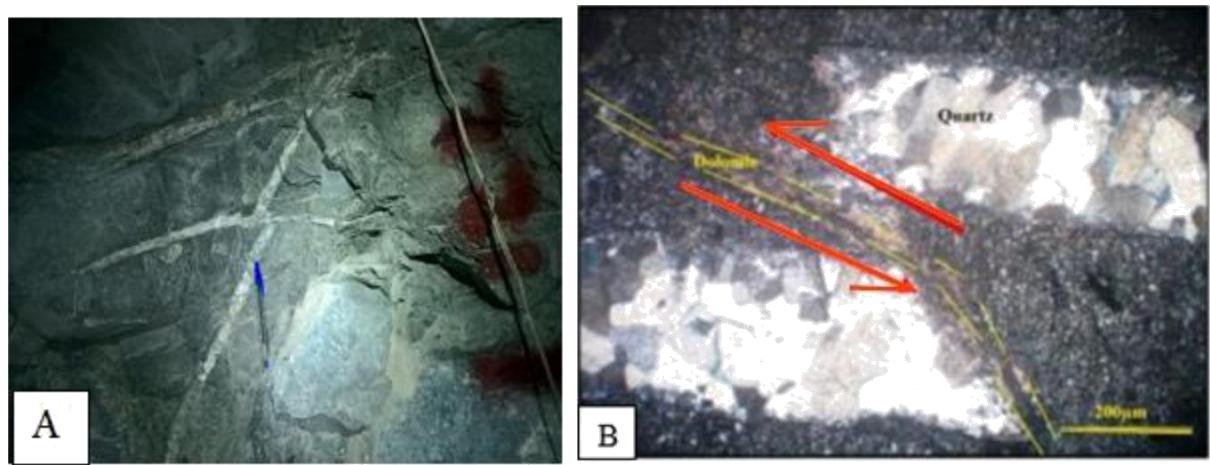


Figure 47 : A) Veines de quartz dans les gréso pelite B) Veine à quartz coupé par une veine à dolomie

III-sulfures associés à la minéralisation

La minéralisation argentifère est repartie le long de la faille d'Imiter et de type hydrothermal composée d'argent natif, d'amalgame d'argent et mercure et de sulfures d'argent accompagnés d'une gangue de quartz et de carbonates (dolomie rose en général). Un cortège de sulfures secondaire accompagne cette minéralisation sous forme de blende, de galène, de pyrite, de chalcopyrite...

1-pyrite (Fe_2S)

C'est le sulfure le plus abondant, rencontré toujours le long de l'encaissant et même au niveau de la structure bréchifiée. Ce sulfure de fer de formule chimique (Fe_2S) et qui a un système cristallin cubique remarquable avec un aspect jaunâtre se présente sous plusieurs formes ; des cristaux automorphes, agrégats framboïdaux, disséminés, des veinules, en mouche ou bien sous forme d'une masse concentrée soit dans la structure principale soit dans l'encaissant. Macroscopiquement Elle se présente sous forme de cristaux automorphes disséminés, d'agrégats ou de veines. La pyrite est observée aussi en inclusions de formes cubiques au sein de la galène.

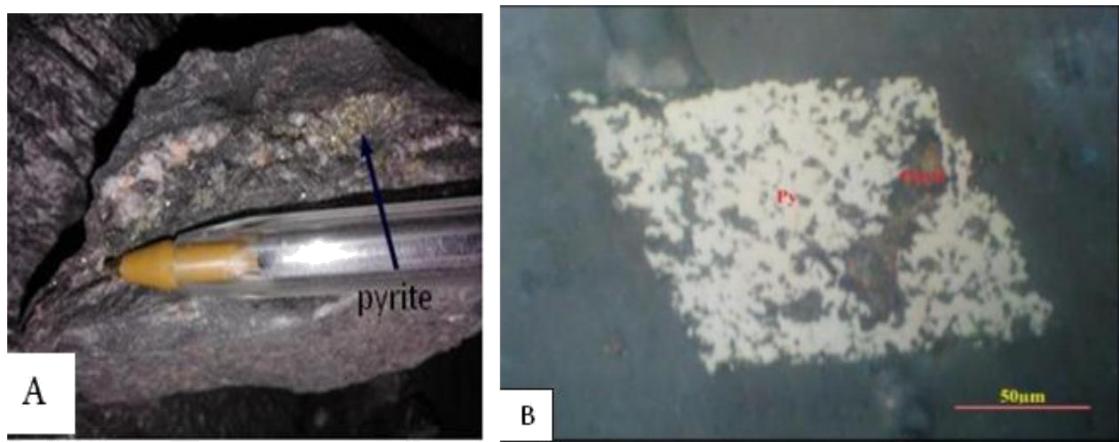


Figure 48:A) Pyrite dans les pelite noir B) cristal automorphe de pyrite qui est affecté par de l'oxydation

2- 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 ou parfois avec le quartz gris, et comme un minéral accompagnateur d'argent. Elle se présente sous plusieurs formes : en veines, disséminé, en mouche ou plus souvent sous forme d'une masse concentrée.

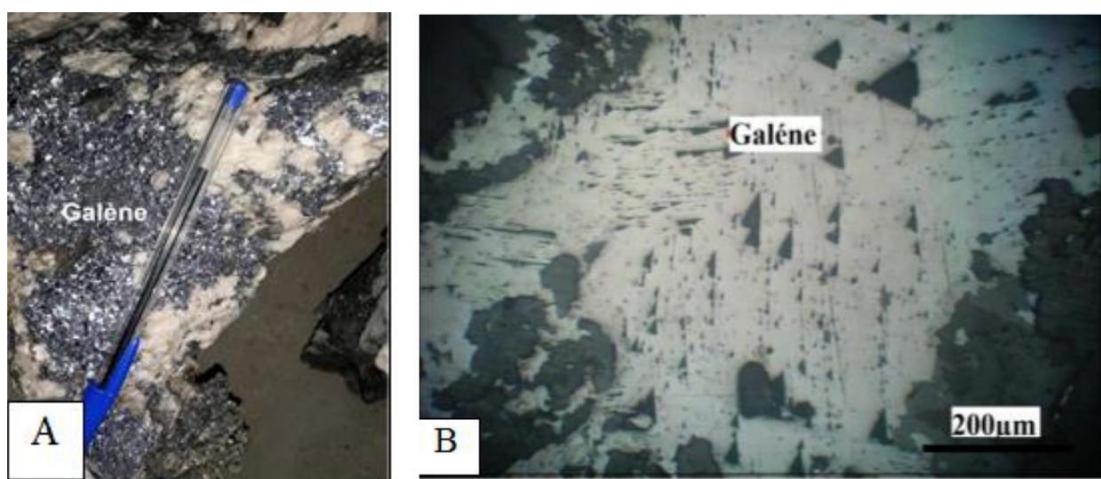


Figure 49:A) Galène encaissé dans la dolomite rose B) Une plage xénomorphe de la galène qui présente clairement les triangles d'arrachement

3- chalcopyrite (CuFeS_2)

Généralement, c'est un sulfure de cuivre et de fer de formule chimique (CuFeS_2) et de système cristallin cubique. Elle a un éclat métallique et un aspect jaunâtre.

Macroscopiquement à Imiter 2, ce sulfure est présenté sous plusieurs formes : disséminée, en mouche ou sous forme d'une masse concentrée, et au plus souvent au niveau de quartz gris. Au niveau des deux structures bréchifiée ce sulfure est caractérisé par sa disponibilité.

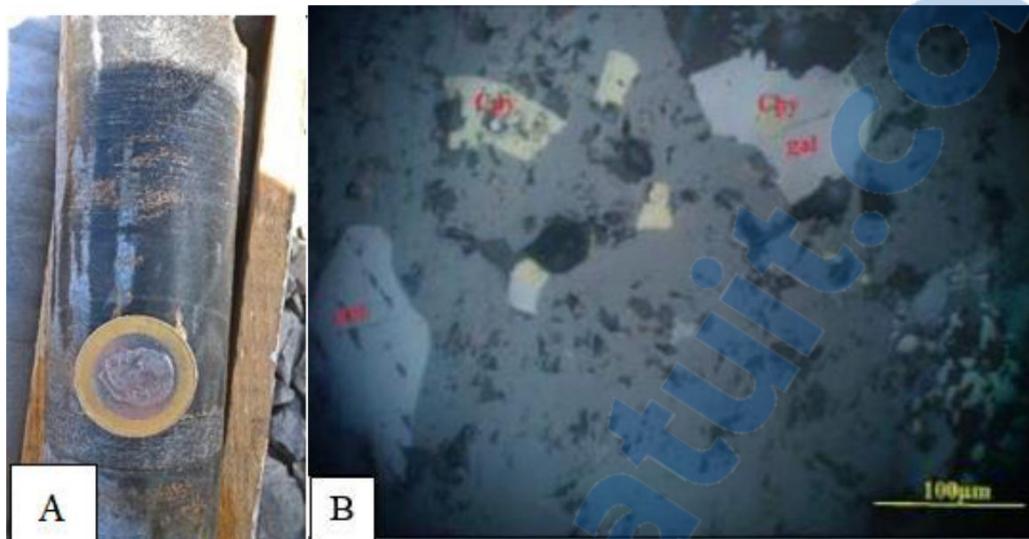


Figure 50:A) Chalcopyrite disséminée dans une carotte de gréso pelite B) Chalcopyrite en cristaux sub automorphe et en inclusion dans la galène

4-sphalerite (blende)

Au niveau d'Imiter II ce sulfure de zinc de formule chimique (ZnS) et qui a un système cristallin cubique et un aspect violet à marron, est moins rencontré sur terrain par rapport aux autres sulfures. Il est bien marqué au niveau de l'encaissant et se présente dans la plupart des cas sous forme de veinules très minces, disséminé ou le plus souvent en petites masses concentrées.

Microscopiquement Elle est associée à la pyrite, chalcopyrite, galène et, elle est antérieure à la galène. Elle se présente sous différentes formes en grandes plages xénomorphes d'aspect spongieux, pouvant renfermer des reliques de pyrite, en inclusions dans la galène et en fines plages automorphes avec parfois des exsolutions de chalcopyrite. Les agrégats polyminéraux sont intensément remplacés par les minéraux argentifères (argentite, polybasite, pyrargyrite).

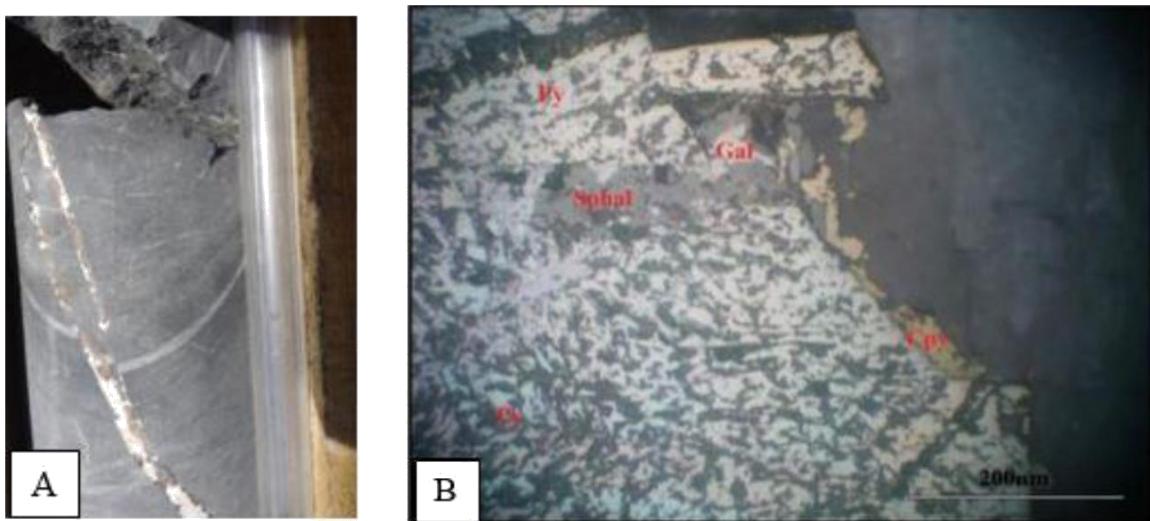


Figure 51:A) cristaux de sphalérite encaissé dans un filon de dolomite rose B) Pyrite avec une texture poreux bréchifiée associé à la Sphalérite et la galène puis la Chalcopyrite qui occupe la périphérie

5-Arsénopyrite

C'est un sulfure de zinc de formule chimique (AsFeS), a un système cristallin cubique, un aspect grisâtre et un éclat sub-métallique. Comme la sphalérite ce sulfure est moins rencontré sur terrain et se présente dans la plupart des cas sous formes des veinules très minces ou disséminée.



Figure 52 :Des filonnets d'arsénopyrite dans les grès

L'arsénopyrite est le minéral le plus répandu dans la phase argentifère. Il est plus abondant dans la dolomie . Dans la phase à quartz (Qtz2) c'est le premier sulfure à cristalliser. Il se présente sous forme automorphe disséminé ou en plages polymétalliques

associé à la galène, blende, chalcopyrite, pyrite et minéraux d'argent (amalgame, polybasite et pyrargyrite). L'arsénopyrite est souvent corrodé par l'ensemble des minéraux précités.

III-minéralisation

A Imiter II, la minéralisation se présente sous deux formes :

➤ **Structures filonniennes** : dont la direction privilégiée est N70-90 avec un pendage subvertical vers le Nord (80° à 85° N) encaissées dans des formations gréso-pélitiques à gréseuses. La gangue est dolomitique ou quartzeuse (Quartz gris) ;

➤ **Corps en amas** : de grande puissance à gangue dolomitique, calcique ou quartzeuse

Il existe une troisième forme dite disséminée dans les roches encaissantes (sans gangue) mais qui reste toujours liée à des structures filonniennes ou à des corps en amas.

L'étude minéralogique exécutée le long des tailles a pu révéler une paragenèse minérale variée des sulfures accompagnant la minéralisation. Il s'agit d'une minéralisation hydrothermale

1- Argent natif (en plaquette)

cette minéralisation est observée sous forme de grains disséminés, dans les pélites ou dans une gangue quartzeuse, carbonatée ou encore au niveau des métapélites, ou des plaquettes, fils ou en fissure dans des paragenèses tardives de remobilisation. Son origine pourrait résulter de processus supergènes. (Figure 53)

2-Argent rouge (proustite)

Ce type d'argent est le plus rare et le plus souvent sous forme disséminée avec un aspect rougeâtre claire ;

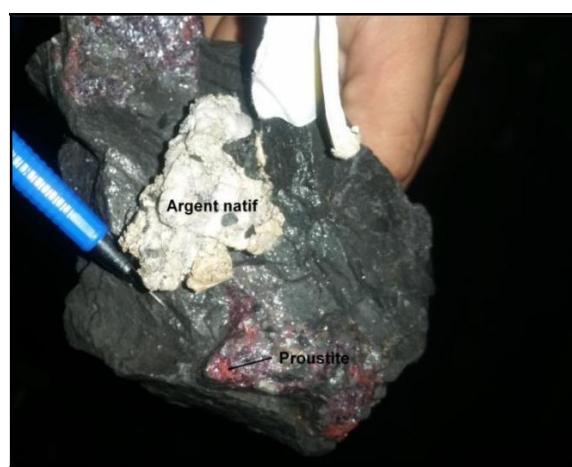


Figure 53: argent natif et argent rouge dans les gréso pelite

3-Argent noir (acanthite)

-Cette minéralisation a un aspect de feuillet noirâtre. Il est observé généralement dans la dolomie rose très riche en galène massive.

IV-les phases minéralisatrice

Les sondages carottés ont pour but de disposer d'un maximum d'informations concernant la structure, les faciès, la minéralogie de la zone d'étude, ainsi que les phases affectant les roches, Ces sondages nous permettront également de connaître **savoir** l'extension. La description de ces sondages sert à faire une corrélation des facies ainsi que les structures minéralisées, il nous permet aussi de déduire les phases affectant les roches, la reconnaissance des structures et leurs extensions.

I-1- phase a chalcopyrite



Cette phase contient la minéralisation des métaux de base (Pb, Cu, Zn, Fe,)

La première minéralisation est celle de la chalcopyrite qui se déforme suite aux contraintes alors que la pyrite **qui** se casse.

Figure 54 : minéralisation de la chalcopyrite dans les gréso pelite

I-2 -phase a chlorite



Les filons de chlorite encaissé dans les grès sont la manifestation d'une phase ancienne d'où on observe parfois leur décalage

Les échantillons choisis sont donc principalement composés de black shales et on trouve parfois des traces de métamorphisme manifesté par le minéral de chlorite Il est difficile de déterminer le degré de métamorphisme, même si la présence chlorite en petite quantité permet de déduire une température peut éléver comparable au faciès schiste vert. La matière organique, plus ou moins instance, ainsi que les différents

Figure55:les filons de chlorite encaissé dans les grés

Mminéraux (quartz et carbonates) sont concentrés sous forme de filons qui contient des minéralisations des métaux de base et parfois ces filons sont stériles, Des pyrites automorphes de grandes tailles sont observables de manière disséminée ou en association avec des veines de quartz-carbonates. Ces veines peuvent être sécantes au litage sédimentaire ou alors parallèles à celui-ci.

Les veines peuvent atteindre des tailles décimétriques et alors constituer un stocke, il est alors question de brèches formées en contexte de fracturation hydraulique selon la définition de Jerbrak (1997) dans sa classification des brèches hydrothermales. Les veines peuvent alors présenter des structures de déformation, principalement en extension comme un souligne En effet, les veines paraissent boudinées et plissées traduisant un contexte ductile. Néanmoins, ces structures sont recoupées par une rectification et des veines de quartz-carbonates formées en milieu cassant. Il est donc probable, au vu des échantillons macroscopiques et de l'étude de terrain, qu'une transition ductile-fragile a été franchie au cours de l'exhumation de cette structure.

Les stockwerks observés traduisent des événements sismiques successifs, avec un point important dans l'établissement du modèle de valve sismique pour ce gisement. Les brèches sont de deux types, elles peuvent être fines (destructuration et veines de petites tailles), ou grossières (roche pélitique et veines décimétriques - figure, sur des zones d'épaisseur variable, de quelques centimètres à plusieurs mètres (Béziat et al., 2008).



Figure 56: brèche hydraulique

I-3- phase a quartz et dolomite

IL s'agit de deux phases une de quartz blanc stérile et une autre phase de quartz gris ou fumé qui contient de la minéralisation de l'argent qui se présente parfois sous forme de plaquette et parfois disséminés



Dans ce stade est il y a le développement des veines les plus riches, à remplissage de quartz puis dolomite rose avec une direction de raccourcissement NW–SE à WNW–ESE., dans un contexte transpressif dextre. Le stade de dolomite rose, est associé à un cisaillement senestre normal, contrôlé par une direction de raccourcissement nord–sud, réutilisant certaines des Structures du stade 1. Des phénomènes d'altération

Figure 57:filons de quartz décalé qui est encaissé dans les petite noire

Contribuent à un enrichissement local en Ag, expliquant des structures minéralisées du gisement d'Imiter. Le premier stade se caractérise par le

Développement des veines à remplissage de quartz, puis dolomite rose dans un contexte transpressif dextre à direction de raccourcissement NW–SE à WNW–ESE. Ce stade correspond essentiellement aux sulfures (chalcocrite, pyrite et galène). Le second stade, à remplissage de dolomite rose, est associé à un cisaillement senestre normal, contrôlé par une direction de

raccourcissement NESW à N-S, réutilisant certaines des structures du stade I. il correspond essentiellement aux sulfosels d'argent (argentite, polybasite, Imiterite...).

D'autres faciès de roche ont été observés, il s'agit de roches volcano-plutoniques identifiées sous forme de dyke. Elles recoupent toujours les couches sédimentaires, et leurs proportions par rapport aux black shales sont très importantes.



Figure 58:dyke intermédiaire traversé par des filons de dolomite

Chapitre V : prospection géochimique sur le niveau 1070 et 1050 à imiter 2

Nous avons effectuer des prélèvements de 57 échantillons pour l'étude géochimique . Ces échantillons ont fait l'objet d'analyses chimiques pour 4 éléments, comprenant les métaux précieux (Ag) et les métaux de base (Cu, Pb et Zn) et le Hg. Le mercure donne des résultats toujours inférieurs à 50 g/t le mercure aide dans la prospection par la propagation sous forme de gaz au niveau des failles .

Cette partie de traitement des données et interprétation des résultats refert sur les distributions des éléments analysés (Ag, Cu, Pb et Zn) pour l'échantillonnage roche els échantillons ensuite sont traité au laboratoire de la société pour les analyses de ces différents element chimiques par la methode de spectrometrie .les resultats sont dresser dans un bultin . Les traitements statistiques ont été effectués sur XLSTAT. Le tableau reporte les principales caractéristiques statistiques sur les résultats des analyses chimiques des échantillons roche prélevés dans les deux niveaux.

-Traitement mono élémentaire et distribution du Ag, Cu, Pb et Zn.

1-Argent

Pour le niveau 1070 Les teneurs de L'Agent, dans les échantillons roches prélevés dans le secteur d'étude, varient largement entre 1 g/t et 45 g/t avec une moyenne de l'ordre de 8,25 g/t et un écart type de la population estimé à 11,012 g/t. L'histogramme de fréquence montre une population géochimique asymétrique légèrement décalée vers les faibles valeurs.

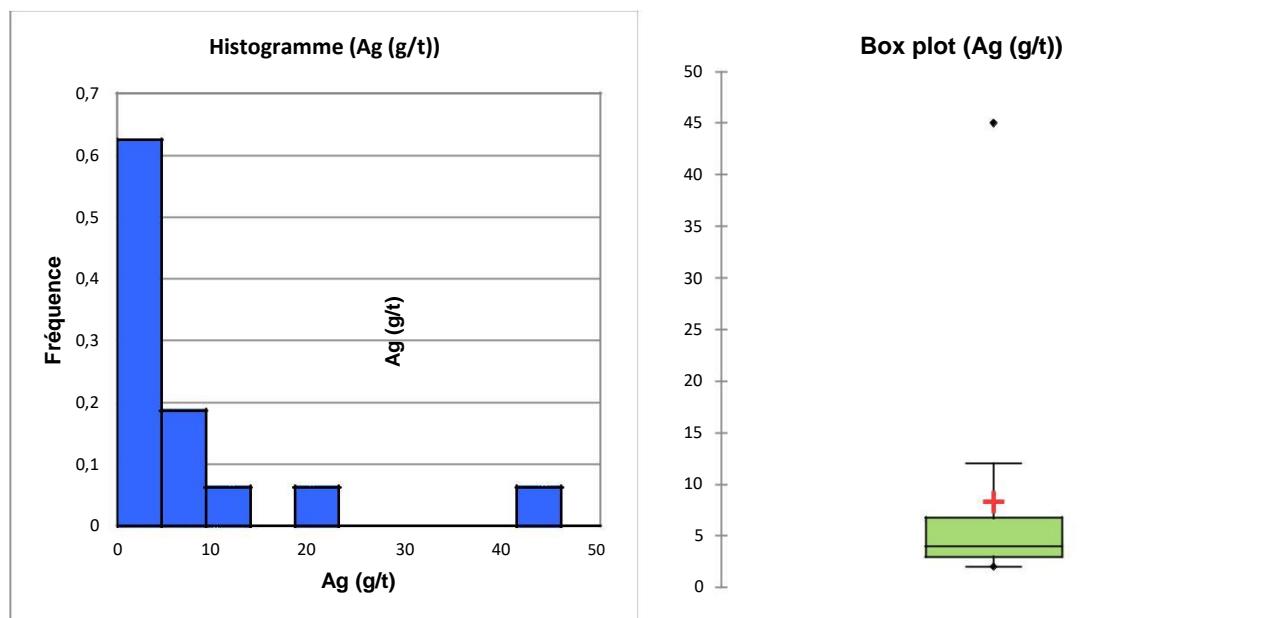


Figure 59:: Histogramme des résultats géochimiques en Ag dans les échantillons et le box plot niveau 1070

Ce niveau se représente par deux populations

- La sous population A qui compte 15 échantillons (40,81% de la totalité des échantillons) avec une teneur moins élevée comprise entre 1 g/t et 11 g/t.
- Les populations B formées au total de 1 échantillon représentant les zones anomalies en Ag. La zone anomalie la plus importante est située dans la partie centrale du secteur où on a pu détecter une teneur de 45 g/t.

La différence entre les deux zones ; la zone centrale et la zone SW serait liée à la lithologie.

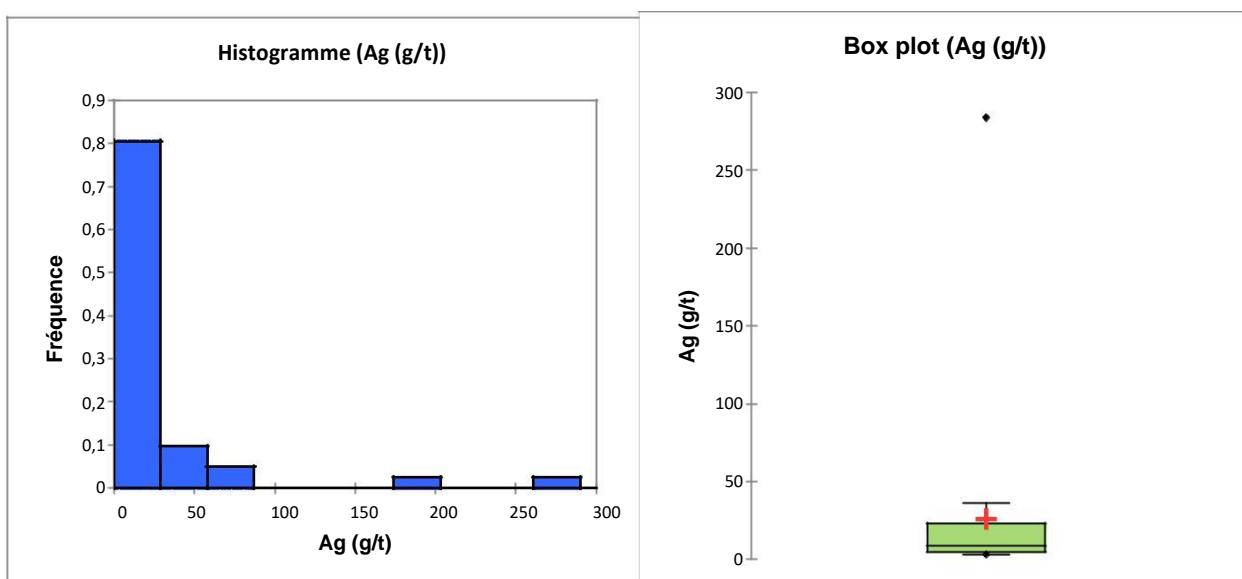


Figure 60:: Histogramme des résultats géochimiques en Ag dans les échantillons et le box plot niveau 1050

Pour le niveau 1050 Les teneurs de L'Agent, dans les échantillons 41 roches prélevés dans le secteur d'étude, varient largement entre 3 g/t et 294 g/t avec une moyenne de l'ordre de 26,048 g/t et un écart type de la population estimé à 51,130 g/t. L'histogramme de fréquence montre une population géochimique asymétrique légèrement décalée vers les faibles valeurs.

- La sous population A qui compte 41 échantillons (60% de la totalité des échantillons) avec une teneur moins élevée comprise entre 3 g/t et 200 g/t.
- Les populations B formées au total de 41 échantillons représentant les zones anomalies en Ag. La zone anomalie la plus importante est située dans la partie centrale du secteur où on a pu détecter une teneur de 248 g/t.

2-Le Cuivre

Pour le niveau 1070 Les teneurs du Cuivre, dans les échantillons roches prélevés dans le secteur d'étude, varient largement entre 21 g/t et 448 g/t avec une moyenne de l'ordre de 110,850 g/t et un écart type de 110,500 la population estimée à g/t. L'histogramme de fréquence montre une population géochimique asymétrique légèrement décalée vers les faibles valeurs

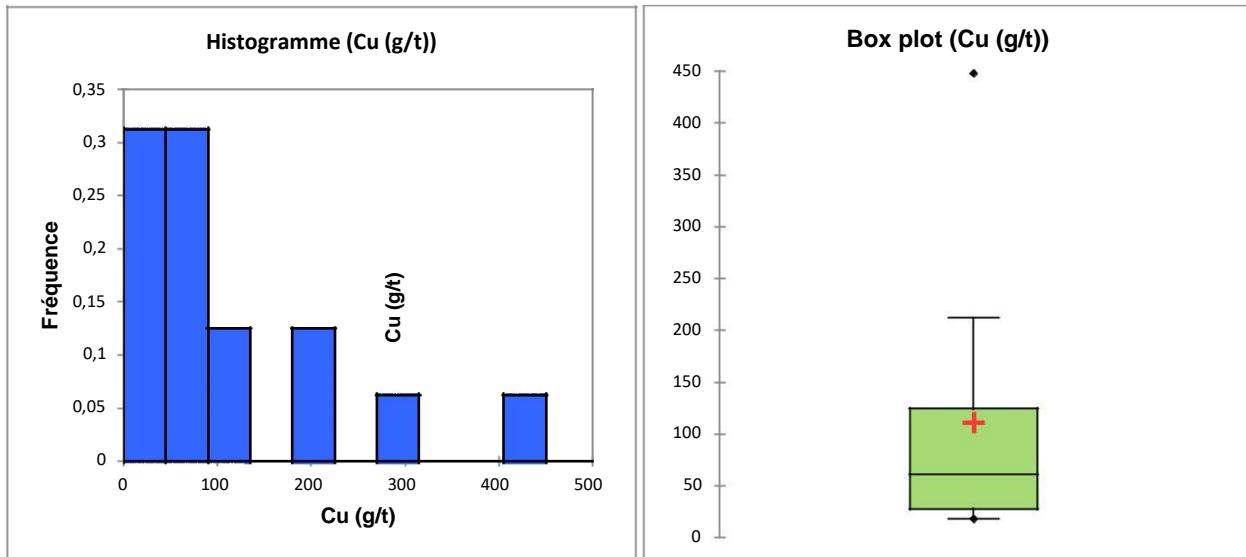


Figure 61:: Histogramme des résultats géochimiques en Cu dans les échantillons et le box plot niveau 1070

Pour le niveau 1070 la sous population A (SW) qui compte 6 échantillons (40,81% de la totalité des échantillons) avec une teneur comprise entre 15g/t et 328 g/t.

- Les populations B formées au total de 10 échantillons représentent les zones d'anomalie en Ag. La zone d'anomalie la plus importante est située dans la partie centrale du secteur qui présente une teneur de 448 g/t.

La différence entre la zone centrale et la zone SW serait liée à la lithologie

Pour le niveau 1050 Les teneurs du Cuivre, dans les échantillons prélevés dans le secteur d'étude, présentent de fortes variations entre 7 g/t et 2933 g/t avec une moyenne de l'ordre de 165 G/t et un écart type de 448,963 la population estimée à 544 g/t. L'histogramme de fréquence montre une population géochimique asymétrique légèrement décalée vers les faibles valeurs

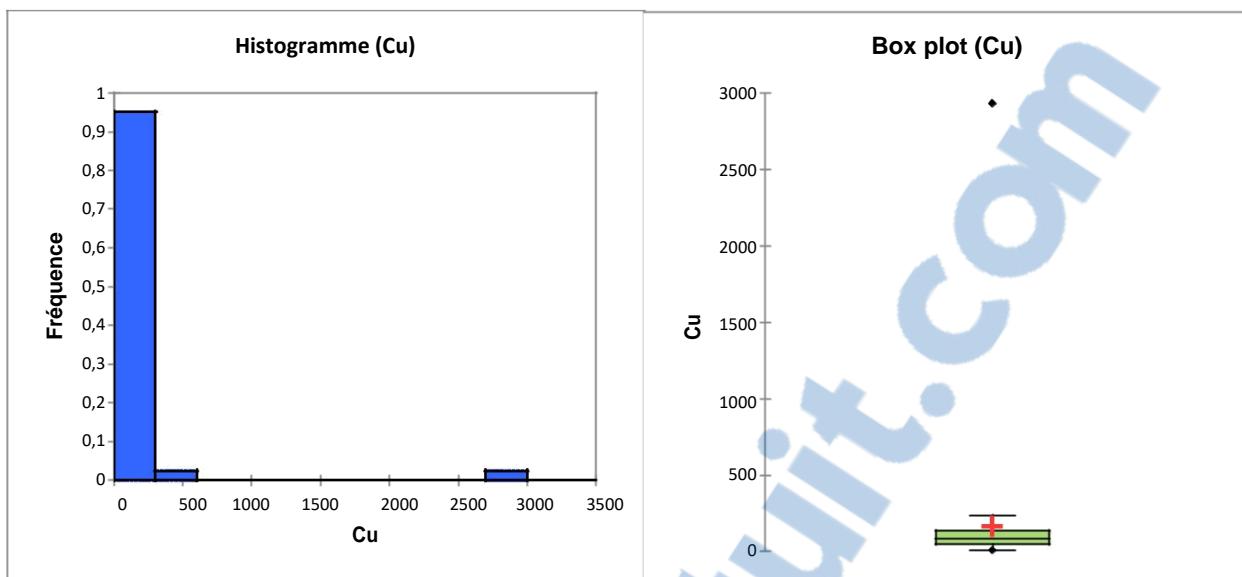


Figure 62: Histogramme des résultats géochimiques en Cu dans les échantillons et le box plot niveau 1050

Pour le niveau 1050 les 22 échantillons de cette sous population offrent de plus faibles teneur entre 7g/t et 156 g/t.

- Les populations B formées au total de 19 échantillons représentants les zones d'anomalies en Ag. La zone anomalie la plus importante est située dans la partie centrale du secteur où on a pu détecter une teneur de 120g/t.

La différence entre les deux zones ; la zone centrale et la zone NE serait liée à la lithologie et à la minéralisation.

3-Le Plomb

Pour le niveau 1070 Les teneurs de Plomb, dans les échantillons-présentent une forte variation des teneurs ; entre 35 g/t et 13248 g/t avec une moyenne de l'ordre de 2854,500 g/t et un écart type de la population estimé à 4531,186 g/t. L'histogramme de fréquence montre une population géochimique asymétrique légèrement décalée vers les faibles valeurs.

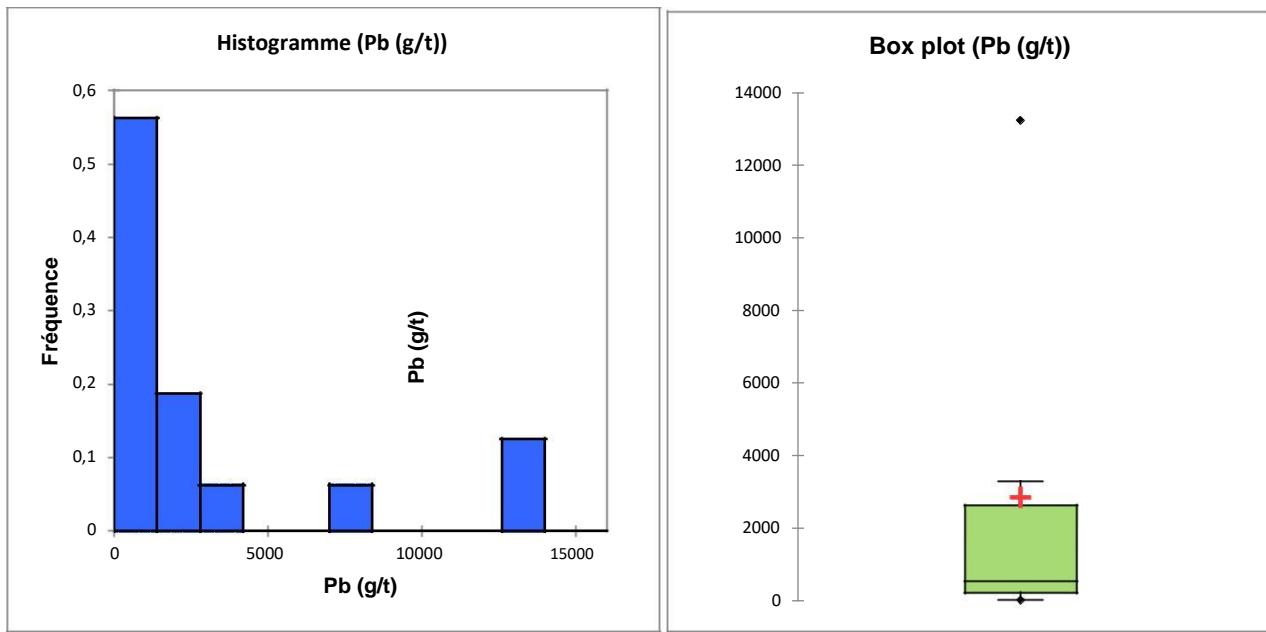


Figure 63:: Histogramme des résultats géochimiques en Pb dans les échantillons et le box plot niveau 1070

Ces sous populations peuvent être décrites comme suit :

- La sous population A (SW) qui compte 16 échantillons (40,81% de la totalité des échantillons) avec de faibles teneurs comprises entre 35g/t et 8000 g/t.
- Les populations B formées au total de 16 échantillons représentants les zones d'anomalies en Pb. La zone la plus importante est située dans la partie centrale du secteur où on a pu détecter une teneur de 14000 g/t

Pour le niveau 1050 Les teneurs de Plomb, dans les échantillons, varient entre 1g/t et 31615 g/t avec une moyenne de l'ordre de 5739,70 g/t et un écart type de la population estimé à 8013g/t. L'histogramme de fréquence montre une population géochimique asymétrique légèrement décalée vers les faibles valeurs.

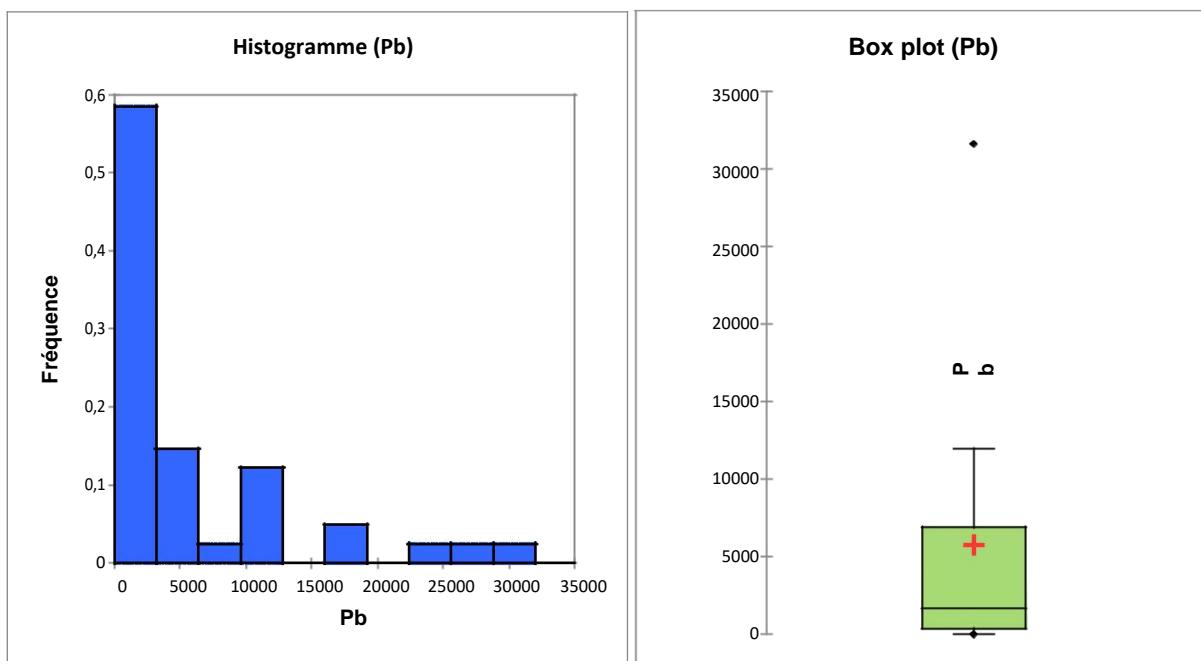


Figure 64 :Histogramme des résultats géochimiques en Pb dans les échantillons et le box plot niveau 1050

Ces sous populations peuvent être décrites comme suit :

- La sous population A (SW) qui compte 22 échantillons avec une teneur moins élevée compris entre 1g/t et 10000 g/t.
- Les populations B formées au total de 19 échantillons représentants les zones anomalies en Pb. La zone anomalie la plus importante est située dans la partie centrale du secteur où on a pu détecter une teneur de 20000 g/t

4-Le Zinc

Pour le niveau 1070 Les teneurs de Zinc, dans les échantillons prélevés dans le secteur d'étude, varient largement entre 228 g/t et 10302 g/t avec une moyenne de l'ordre de 2756,875 g/t et un écart type de la population estimé à 4213,468 g/t. L'histogramme de fréquence montre une population géochimique asymétrique légèrement décalée vers les faibles valeurs ;

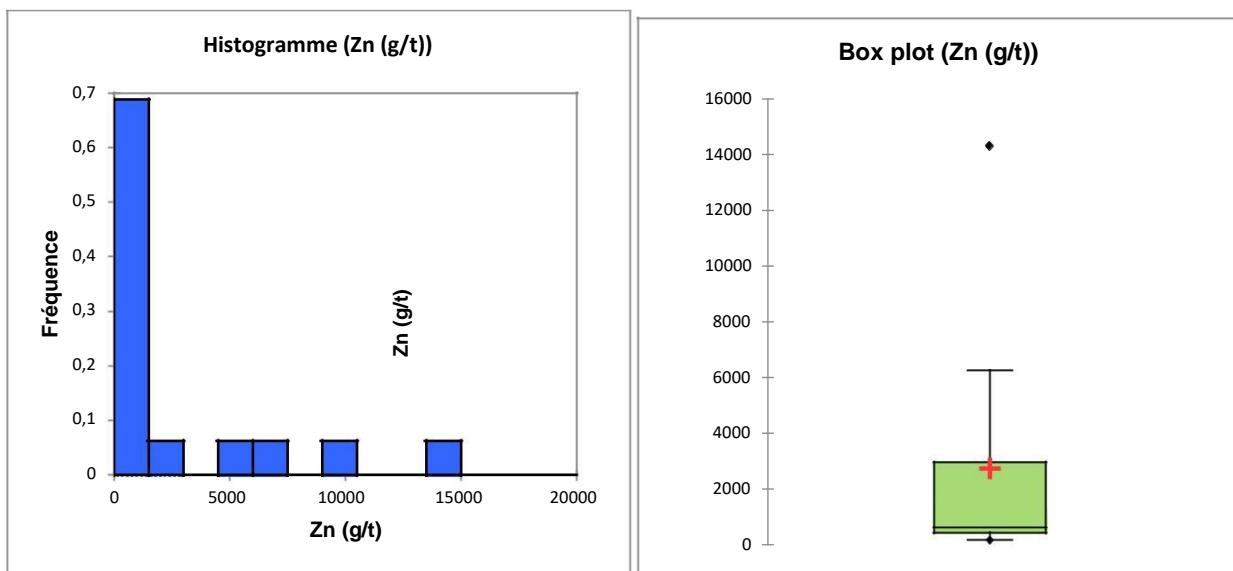


Figure 65: Histogramme des résultats géochimiques en Zn dans les échantillons et le box plot niveau 1070

La sous population A (SW) qui compte 16 échantillons (40,81% de la totalité des échantillons) avec une teneur moins élevée comprise entre 228 g/t et 5330 g/t.

- Les populations B formées au total de 16 échantillons représentants les zones anomalies en Zn. La zone anomalie la plus importante est située dans la partie centrale et atteint une teneur de 10302 g/t

Pour le niveau 1050 Les teneurs de Zinc, dans les échantillons prélevés dans le secteur d'étude, varient largement entre 71 g/t et 11595 g/t avec une moyenne de l'ordre de 1864,902 g/t et un écart type de la population estimé à 2449,156 g/t. L'histogramme de fréquence montre une population géochimique asymétrique légèrement décalée vers les faibles valeurs

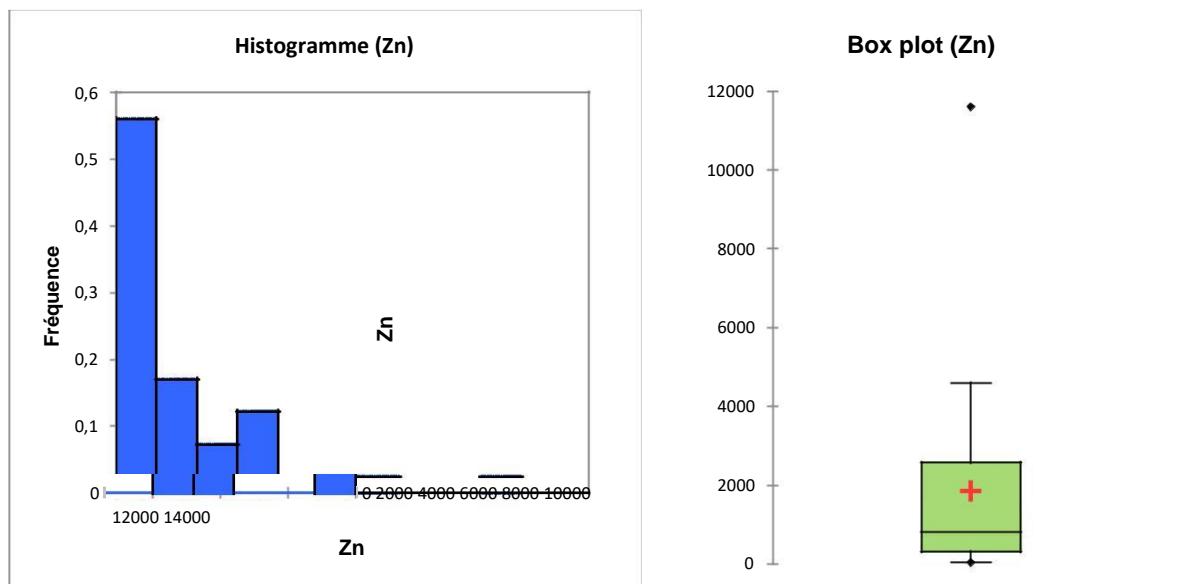


Figure 66:: Histogramme des résultats géochimiques en Zn dans les échantillons et le box plot niveau 1050

La sous population A qui compte 22 échantillons avec une teneurs moins élevée compris entre 7 g/t et 4000 g/t.

- Les populations B formées au total de 19 échantillons représentants les zones anomalies en Zn. La zone anomalie la plus importante est située dans la partie centrale est atteindre une teneur de 6000 g/t

Conclusion

La prospection géochimique effectuée dans le secteur d'étude a permis de mettre au point plusieurs types d'anomalies mono-élémentaire et composites.

Les résultats de cette étude litho géochimique et statistique nous ont permis de déduire la relation entre les éléments du paragenèse minérale à Imiter et d'avoir même une idée sur l'élément métallotecte de l'Argent d'où on a trouvé que le Plomb est l'élément le plus corrélable

Les résultats des analyses chimiques effectuées sur les échantillons et leur traitement montrent des teneurs élevées en plusieurs éléments dans les anomalies contrôlées. Ces anomalies seraient en particulier liées aux affleurements.

Les résultats acquise par ce traitement permet de liée l'argent avec la galène puisqu'on a une relation réciproque, quand le plomb accroît l'argent aussi .

La prospection géochimique permet de localiser les zones d'anomalies par le biais des analyses et le traitement de ces dernières .mais le choix de l'endroit de prélèvement de l'échantillon est le plus important

Conclusion

L'étude structural et minéralogique des failles NE et NNE à rejet métrique, présente un intérêt important au niveau de la géologie du district minier d'imiter. Cette étude a montré que Les zones étudiées sont affectées par une tectonique cassante très intense qui arrête parfois les structures minéralisées ou les décale. Cette tectonique se manifeste par deux réseaux de failles : le premier est orienté selon une direction générale E-W, suivis par un ensemble de failles ont une direction qui varie entre NE-SW, on parle donc de deux phases orogéniques, l'orogenèse panafricaine suivie par l'orogenèse hercynienne. On peut constater que la minéralisation à imiter est toujours liée aux phénomènes tectoniques de direction E-W (la direction panafricaine D'après les études et les résultats obtenus au niveau du fond par les levées géologiques les failles NE et les failles NNE ont deux effets majeurs sur la minéralisation :

Le décalage des structures minéralisées tel que le cas de la structure ss1 (Structure Sud 1 niveau 1070 dans le secteur d'Imiter II)

Le blocage de la minéralisation par ces failles ; le cas du réseau R

Alors l'étude met en évidence deux phases au niveau du jeu des failles : la première phase est de type compressive avec un jeu inverse senestre et une deuxième phase qui est due à une extension d'où un jeu normal dextre.

L'étude structurale de terrain montré la présence d'une famille de failles NE (failles N30 à N60) à rejet avec des stries horizontaux qui présente un intérêt important dans la mise en place de la minéralisation au niveau du district minier d'Imiter. Ces failles hercyniennes bloquent la minéralisation et la perturbent et parfois ils la décalent.

L'étude minéralogique et pétrographique des structures rencontrés,

La minéralisation a pris

Naissance en faveur d'une activité hydrothermale ce qui explique la texture bréchifiée (brèches hydrauliques) donnant lieu à une paragenèse minérale sulfureuse très variée (pyrite, chalcopyrite, galène, sphalérite, Arsénopyrite) et argentifère (argent natif, rouge et noir) qui présentent le point cible dans la production de la mine. Les structures ont une direction générale Est-West parallèle à la stratification

Et à la schistosité, avec un pendage généralement fort pour le corps principal B3, mais un pendage plus faible et variable pour la SS1. Elles sont encaissées dans des formations gréso-pélitiques tectonisées peu métamorphisées.

Les déformations NE au niveau de la boutonnière d'Imiter a été considérer toujours comme des déformations panafricaines

D'après nos études géologiques et structurales on a remarqué que cette famille de failles N'affectent aussi le cambrien

Ces failles affectent les terrains du paléozoïque mais malheureusement le temp consacré sur le terrain ne permet pas de les visionné sur leur emplacement, alors on peut dire que Peut être ces failles NE liés au : Jeu du Rift cambrien ou une tectonique hercynien ou une Déformation tectonique de Dévonien.

Bibliographie

Bajja A. (1998) - Volcanisme syn à post orogénique du Néoprotérozoïque de l'Anti-Atlas : Implications pétro génétiques et géodynamiques. Thèse d'Etat Es-sciences, Université Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc. 215p
de 3 éme cycle. Uni. Nancy I, 131p –

Bajja A. (1992) - Nouvelles données pétrographiques et géochimiques sur les formations volcaniques précambrtiennes du Jbel Saghro (Anti-Atlas marocain) basaltes en coussin du PII et volcanites de la série d'Ouarzazate PIII. Thèse Univ NancyI, 225

Baouch S. (1984) - Etude des ignimbrites et roches associées du massif de Tirth (Haut Atlas, Maroc). Contribution à l'étude des relations (volcanisme-plutonisme) du Précambrien III. Thèse

Baroudi Z. (1992) - Contribution à l'étude métallogénique des minéralisations mercure argentifère du district d'Imiter Saghro Oriental, Anti-Atlas, Maroc). Thèse, Université de Marrakech : 188p. –

Baroudi Z. (2002) – Le gisement Ag-Hg d'Imiter (Anti-Atlas Oriental) : Minéralisations, fluides associés et conditions de dépôt. Thèse es-sciences, université Hassan II-Mohammadia, Casablanca, Maroc, 277p –

Bendammane H. (2014)- caractérisation pétrographique et structurale des roches filoniennes et minéralisations associées du Néoprotérozoïque , mémoire de master -

Benziane F., Prost A. E et Yazidi A. (1983) - Le passage du Précambrien Cambrien précoce volcanique et sédimentaire de l'Anti-Atlas ; comparaisons avec l'AntiAtlas occidental.

Bulletin de la société géologique de France 25 (4) : 549-556 - Black R., Caby R., Moussine-Pouchkine A., Boyer R., Bertrand J. M, Bouiller A. M.,- Fabre J. et Lesquer A. (1979) – Evidence for late Precambrian plate tectonics in West Africa. Nature. 278 (5701) : 223-227. Mem. Serv. Géol. Maroc, n° 313, 106

Choubert G. (1945) – Note sur le Précambrien marocain. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris. 221 : 249-251 - Choubert G. (1963) – Histoire géologique de l'Anti-Atlas, Tome1, Notes, Mem. Serv. Géol. Maroc, n° 162, 352p.

CLAUER, N. (1974). Utilisation de la méthode Rb-Sr pour la datation d'une schistosité des sédiments peu métamorphisés: application au Précambrien II de la boutonnière de Bou Azzer-El Graara (Anti-Atlas, Maroc). *Earth and Planetary Science Letters* 22: 404-412

CHOUBERT, G. (1947). L'accident majeur de l'Anti-Atlas. *C. R. Acad. Sci., Paris.* Documents inédits SMI.

HINDERMEYER, J. (1953a). Le Précambrien I et le Précambrien II du Saghro. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 237: 921-923.

HINDERMEYER, J. (1953b). Le Précambrien III du Saghro. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 237: 1024-1026.

Hefferan, K. P., Karson, J. A., Saquaque, A. (1992). Proterozoic collisional basins in a PanAfrican suture zone, Anti- Atlas Mountains, Morocco. *Precambrian Research* 54 (2-4): 295-319

IGHID, L., SAQUAQUE, A., REUBER, I. (1989). Plutons syn-cinématiques et la déformation panafricaine majeure dans le Saghro oriental (boutonnière d'Imiter, Anti Atlas, Maroc). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 309 (II): 615-620.

LEBLANC, M., and 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 Sciences*, v. 17.

Leblanc, M., 1975. Ophiolites précambriennes et gîtes arsénierés de cobalt (Bou Azzer, Maroc). Doct. d'Etat Thesis, Université de Paris VI, France, 367 pp.

LEVRESSE, G., (2001). Contribution à l'établissement d'un modèle génétique des gisements d'Imiter (Ag-Hg), Bou Madine (Pb-Zn-Cu-Ag-Au), Bou Azzer (Co, Ni, As, Au, Ag) dans l'AntiAtlas marocain. Thèse 3ème Cycle, Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, France. MANN et al. (1983). Developpement of pull-apart bassins. *Jour. Geology*, v.91,p.529-554

. MICHARD, A. 1976. Eléments de géologie Marocaine. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, 252, 408p.

Ouguir H, Macaudiere J et Dagallier G 1996. Le Protérozoïque supérieur d'Imiter, Saghro oriental, Maroc:un contexte géodynamic d'arrière-arc. *J. of African Earth Sci.* 22(2):173-189.

RISPOLI R. (1981). Microtectonique et champ de contraintes dans les calcaires fins du Languedos. Thèse 3ème cycle.

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. doct. d'Etat Thesis, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc, 233 pp.

OUGUIR, H., MACAUDIERE, J., DAGALLIER, G., QADROUCI, A., LEISTEL, J.-M. (1994). Cadre structural du gîte Ag-Hg d'Imiter (Anti-Atlas, Maroc) ; implication métallogénique. *Bulletin de la Société géologique de France* 165 (3): 233-248.

TUDURI, J., (2005). Processus de formation et relations spatio-temporelles des minéralisations à or et argent en contexte volcanique Précamalien (Jbel Saghro, Anti Atlas, Maroc) Implications sur les relations déformation-magmatisme-volcanismehydrothermalisme. Thèse 3ème Cycle, Université d'Orléans, France.

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. *C. R. Geoscience* 338 (2005) 253–261, Orléans, France.

Vargas JM 1983. Etude métallographique des minéralisations mercuro-argentifère d'Imiter, Fondation Scientifique de la géologie et de sapplications, Nancy, 60p.

Annexe

Tableau 1 résultats d'analyses des différentes éléments prospectées (Annex)

N°	Désignation	Ag (g/t)	Pb (g/t)	Cu (g/t)	Zn (g/t)	Hg (g/t)
1	P3 - 1070 - (A1)	3	290	87	633	50
2	P3 - 1070 - (A2)	4	103	26	255	50
3	P3 - 1070 - (A3)	9	13248	448	6281	50
4	P3 - 1070 - (A4)	22	263	28	536	50
5	P3 - 1070 - (A5)	4	155	18	2203	50
6	P3 - 1070 - (A6)	4	1404	60	565	50
7	P3 - 1070 - (A7)	3	68	52	658	50
8	P3 - 1070 - (A8)	6	8068	212	5330	50
9	P3 - 1070 - (C1)	5	552	55	1000	50
10	P3 - 1070 - (C2)	3	35	25	228	50
11	P3 - 1070 - (C3)	3	1626	63	743	50
12	P3 - 1070 - (C4)	2	324	294	509	50
13	P3 - 1070 - (C5-PE)	3	562	21	316	50
14	P3 - 1070 - (C5-PW)	45	13244	106	14336	50
15	P3 - 1070 - (C6)	4	3306	99	202	50
16	P3 - 1070 - (C7)	12	2424	180	10302	50

NIVEAU 1070

Tableau 2 les analyses descriptives des résultats d'analyses du niveau 1070 annexe

Statistique	Ag (g/t)	Pb (g/t)	Cu (g/t)	Zn (g/t)	Hg (g/t)
Nb. D'observations	16	16	16	16	16
Minimum	2,000	35,000	18,000	202,000	50,000

Maximum	45,000	13248,000	448,000	14336,000	50,000
1er Quartile	3,000	236,000	27,500	460,750	50,000
Médiane	4,000	557,000	61,500	645,500	50,000
3ème Quartile	6,750	2644,500	124,500	2984,750	50,000
Moyenne	8,250	2854,500	110,875	2756,063	50,000
Variance (n-1)	121,267	20531648,000	14169,717	17756003,663	0,000
Ecart-type (n-1)	11,012	4531,186	119,037	4213,787	0,000

Niveau 1050 :

Tableau 3 résultats d'analyses des différentes éléments prospectées dans le niveau 1050

N°	Désignation	Ag (g/t)	Pb	Cu	Zn	Hg
1	E1 CPB3 1050	6	263	106	324	50
2	E2 CPB3 1050	4	186	47	249	50
3	E3 CPB3 1050	31	5786	35	402	50
4	E4 CPB3 1050	36	6344	42	418	50
5	E5 CPB3 1050	16	1020	2933	11595	50
6	E6 CPB3 1050	3	1642	125	1020	50
7	E7 CPB3 1050	3	853	88	349	50
8	E8 CPB3 1050	4	1663	113	1024	50
9	E9 CPB3 1050	23	3862	97	8143	50
10	E10 CPB3 1050	23	3040	73	6367	50
11	E11 CPB3 1050	6	5467	51	348	50
12	E12 CPB3 1050	9	10934	148	4592	50
13	E13 CPB3 1050	7	2563	348	1416	50
14	E14 CPB3 1050	284	28676	139	1776	50
15	E15 CPB3 1050	60	1702	83	815	50
16	E16 CPB3 1050	11	4034	74	564	50
17	E17 CPB3 1050	16	11641	102	2374	50

18	E18 1050	CPB3 14		11977	116	2585	50
19	E19 1050	CPB3 5		1098	235	1487	50
20	E20 1050	CPB3 4		309	39	316	50
21	E21 1050	CPB3 12		287	14	83	50
22	E22 1050	CPB3 4		206	26	109	50
23	E23 1050	CPB3 30		18516	143	4025	50
24	E24 1050	CPB3 7		2458	19	512	50
25	E25 1050	CPB3 5		1	68	74	50
26	E26 1050	CPB3 5		1	68	73	50
27	E27 1050	CPB3 8		1583	8	47	50
28	E28 1050	CPB3 5		444	56	71	50
29	E29 1050	CPB3 5		400	205	240	50
30	E30 1050	CPB3 6		169	20	81	50
31	E31 1050	CPB3 15		4696	55	3450	50
32	E32 1050	CPB3 7		241	115	4321	50
33	E33 1050	CPB3 17		11231	82	1684	50
34	E34 1050	CPB3 16		1139	68	605	50
35	E35 1050	CPB3 53		16781	11	1487	50
36	E36 1050	CPB3 7		386	134	2789	50
37	E37 1050	CPB3 76		24310	156	1893	50
38	E38 1050	CPB3 179		31615	7	4115	50

39	E39 1050	CPB3 26		10713	177	3921	50
40	E40 1050	CPB3 7		177	91	176	50
41	E41 1050	CPB3 13		6914	267	541	50

Niveau 1050 :

Tableau 4 les analyses descriptives des résultats d'analyses du niveau 1050 à mettre en Annexe

Statistique	Ag (g/t)	Pb	Cu	Zn	Hg
Nb. D'observations	41	41	41	41	41
Minimum	3,000	1,000	7,000	47,000	50,000
Maximum	284,000	31615,000	2933,000	11595,000	50,000
1er Quartile	5,000	386,000	47,000	316,000	50,000
Médiane	9,000	1702,000	83,000	815,000	50,000
3ème Quartile	23,000	6914,000	134,000	2585,000	50,000
Moyenne	26,049	5739,707	165,463	1864,902	50,000
Variance (n-1)	2614,248	64213431,312	201567,755	5998365,640	0,000
Ecart-type (n-1)	51,130	8013,328	448,963	2449,156	0,000

