



**UNIVERSITE CADI AYYAD  
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES  
MARRAKECH**

**Département des Sciences de la Terre**

**Mémoire de fin d'études**

**Licence es Sciences et Techniques**

**Géologie Appliquée aux Ressources Minières**

**LST GARM**

**Etude Géologique de la Partie Nord  
de la Mine de Tighardine (Maroc)**

**Par**

**LAHLALI & ELOUAKNOUNSI**

**2011-2012**

# Sommaire

Remerciements.....	3
Avant –propos.....	4
Liste de figures.....	5

## **Introduction : But et cadre de l'étude**

Cadre de l'étude .....	6
Moyens utilisés.....	6
Historique de la mine .....	7

## **Première partie : Cadre géologique**

I- Géologie du Maroc - Aperçu général.....	9
A - Subdivisions géologiques du Maroc .....	9
1- Domaine saharien.....	10
2- Domaine Pré-Saharien.....	10
4- Domaine Atlasique.....	10
5- Domaine Rifain.....	11
II- Aperçue du Haut Atlas occidental.....	11
III- Géologie de jbel Tighardine .....	12
1 - Situation géographique .....	12
2- Cadre géologique.....	12
3- Lithostratigraphie de jbel Tighardine .....	15
4- Tectonique de jbel Tighardine.....	18
a–Tectonique synsédimentaire .....	18
b- Tectonique synschisteuse .....	19
IV- Aspect gîtologie.....	21
1-Localisation de la minéralisation.....	21
2- Morphologie .....	22
3 - Relations avec l'encaissant.....	22
4- Minéralisations macroscopiques .....	22

## Deuxième Partie : Etude de la partie Nord de la Mine de Tighardine

I-Introduction .....	24
II-CARTOGRAPHIE.....	24
1- Cartographie de surface.....	24
2-Levé du niveau D .....	25
a- Présentation du niveau D.....	25
b- Levé du niveau D .....	25
<b>Conclusion.....</b>	<b>26</b>
III-ETUDE STRUCTURALE.....	27
1 - La schistosité (S1).....	27
b- Les failles :.....	28
<b>Conclusion.....</b>	<b>30</b>
III-ETUDE PETROGRAPHIQUE ET MINERALOGIQUE.....	31
A-Echantillonnage .....	31
<i>Echantillonnage fond.....</i>	<i>33</i>
B-Description macroscopique des échantillons .....	32
1-Echantillons de fond .....	32
2- Echantillons de surface .....	35
C- Observation microscopique des minerais de Tighardine.....	37
1- Etude métallographique : Observation des sections polies.....	37
D-Etude microscopique de la gangue de minerais de Tighardine.....	40
E-conclusion de l'étude minéralogique.....	44
Conclusion générale.....	45
Références bibliographiques.....	46

# Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont prodigués leurs aides, leurs soutiens, leurs conseils et leurs amitiés.

Ce travail n'aurait pu être accompli sans la bienveillance et la bonne volonté des uns et l'aide et l'assistance des autres. C'est alors pour nous un grand plaisir d'exprimer notre reconnaissance et notre gratitude envers ceux qui de loin ou de près ont contribué à sa réalisation.

Ainsi nous exprimons nos sincères remerciements à monsieur OUTHOUNJITE et monsieur KHALIFA (CMG-ONA) pour la proposition de ce stage à la mine de Tighardine et leurs conseils et encouragement pour la bonne marche du stage.

Notre profonde gratitude à monsieur OUIROUANE Saïd (Géologue-CMG-MANAGEMENT) pour son accueil et son soutien pendant le déroulement de stage.

Au personnels de la mine de Tighardine et de Hajjar pour leurs accueil et qu'ils nous ont été d'une aide précieuse.

Nous tenons à remercier sincèrement nos encadrants madame S. ESSARRAJ et monsieur Mr. TOUIL A. pour leur soutien, leurs conseils et leurs encouragements tout au long de ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à tous les professeurs du département des sciences de la Terre (FST-Marrakech) pour la connaissance et les conseils tout au long de notre parcours d'études, à tout le personnel du département, en particulier monsieur A. KNIDIRI (Litho-préparateur à l'atelier des lames minces).

Enfin nos sincères remerciements à nos proches, nos amis ainsi qu'à toutes et tous ceux qui de prêt ou de loin ont contribué à la réussite de nos études.

# **Avant-propos**

Dans le cadre de la réalisation d'un mémoire de fin d'études à la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech, pour l'obtention d'une licence Sciences et Techniques en Géologie Appliquée aux Ressources Minières (GARM), sur le thème : ETUDE GEOLOGIQUE ET METALLOGENIQUE DE LA PARTIE NORD DE LA MINE DE TIGHARDINE, un stage de terrain a été réalisé au sein de la mine de Tighardine du massif ancien du Haut Atlas occidental. Ce stage a duré 1 mois, il nous a permis de connaître le contexte géologique de la région, de cartographier la zone d'étude et de prélever des échantillons pour une étude préliminaire de la minéralisation.

En parallèle avec la mission de terrain, une étude de la minéralisation s'est effectuée au laboratoire GEORESSOURCES de la faculté pour avoir une idée générale sur les constituants métallifères du gisement de Tighardine. A l'issue de ces différents travaux fut élaboré ce document constituant notre rapport de projet de fin d'études.

## **Liste de figures :**

- Fig. 1 : Aspects des travaux d'exploration réalisés à Tighardine (A et B).
- Fig.2 : Domaines structuraux marocains.
- Fig. 3 : Le Haut Atlas paléozoïque.
- Fig. 4 : Situation géographique de jbel Tighardine.
- Fig. 5 : Localisation de la Mine de Tighardine dans la carte structurale simplifiée du Haut Atlas occidental.
- Fig. 6 : Contexte géologique de jbel Tighardine.
- Fig. 7: Logs synthétiques des unités stratigraphiques au niveau de la mine Tighardine .
- Fig. 8: Colonne stratigraphique synthétique des différentes formations de la mine de Tighardine .
- Fig. 9: Mini horst observé dans la série volcano-sédimentaire de Tighardine.
- Fig. 10: Jeu de faille normale contraire dans les dolomies.
- Fig. 11 : Schistosité du secteur NE de la mine de Tighardine.
- Fig. 12: Illustration microscopique de la schistosité du Secteur NE de la mine de Tighardine.
- Fig.13 : Failles normales dextre à la surface qui Étrangle un filon de quartz.
- Fig.14 : Lentilles de Barytine et de Quartz.
- Fig. 15 : Schéma représentatif de la localisation de la minéralisation.
- Fig. 16 : Carte géologique de la partie Nord de la Mine de Tighardine.
- Fig. 17 : Levé du Niveau D.
- Fig. 18 : Représentations de la schistosité dans la partie Nord de Tighardine.
- Fig. 19 : Rosace directionnelle des failles.
- Fig. 20 : Localisation des échantillons de surface.
- Fig. 21 : Localisation des niveaux d'échantillonnage.

Planche 1 : Description macroscopique des échantillons minéralisés du fond.

Planche 2 : Description macroscopique des échantillons de la surface et du niveau D.

Planche 3 : Observations microscopiques des minerais.

Planche 4 : Observations microscopiques des gangues des minerais.

# Introduction :

## But et cadre de l'étude

### Cadre de l'étude

Mémoire de fin d'études de Licence Sciences et Techniques en Géologie Appliquée aux Ressources Minières, dans le cadre d'une collaboration entre la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech et la Compagnie Minière MANAGEM, propriétaire de la mine de Tighardine.

### Objectifs de l'étude

Le but principal de ce stage est la réalisation d'une carte géologique sur un fond topographique à l'échelle de 1/500 avec l'application des notions acquises en cours de cartographie, tectonique, pétrographie et métallogénie. Ainsi, les objectifs de l'étude sont :

- \* la cartographie de la partie Nord de jbel Tighardine.
- \* levé détaillé de la galerie de recherche dénommée Niveau D (faciès encaissants, structures cassantes, schistosité,...).
- \* Etude minéralogique des différents faciès et des structures minéralisées rencontrés en surface et au fond dans le but d'établir d'éventuelles zonalités minéralogiques des faciès et des minerais.

### Moyens utilisés

- \* Travaux de terrain (15 jours) : Secteur de la mine de Tighardine.
- \* L'échantillonnage de surface et du fond (mine).
- \* L'étude macroscopique des faciès et des minerais échantillonnés (FST Marrakech).
- \* L'étude microscopique essentiellement des minerais (FST, Marrakech).
- \* L'étude quantitative des structures cassantes à partir des levés de galeries (FST Marrakech).

## Historique de la mine

Les premiers travaux d'exploration géologique minière réalisés à Jbel Tighardine remontent vers les années 1970. En effet cette propriété est une ancienne mine qui a fonctionné de 1971 à 1977.

La Barytine, principal minerai objet d'exploitation à l'époque, était destinée principalement aux compagnies pétrolières dont les travaux de forage nécessitaient un usage élevé de ce produit.

Au démarrage, les opérations d'exploitation étaient localisées à la surface de la propriété minière car la barytine y affleure. Mais l'évolution en profondeur a révélé la présence des métaux affectant la qualité de la barytine.

Le caractère pénalisant des métaux pour la barytine et la chute drastique de son prix sur le marché (1500 Dhs/t en 1970 – 250 Dhs/t actuellement) ont conduit l'exploitant à la cessation d'activités et la fermeture de la mine en 1977.

La CMG/Managem-ONA, intéressée par les métaux, a racheté la propriété minière au cours de l'année 2004. Depuis, d'intenses travaux ont été entrepris pour développer et mettre en valeur cette localité minière.

La figure 1 montre quelques aspects des travaux d'exploration à Tighardine

Le présent travail s'insère dans ce cadre de développement et de mise en valeur de la mine de Tighardine.



A- Entrée de la mine

B- percement du niveau D

**Fig. 1** : Aspects des travaux d'exploration réalisés à Tighardine (A et B).

# Première partie

## Cadre géologique

# I - Géologie du Maroc - Aperçu général

## A - Subdivisions géologiques du Maroc

Le Maroc se situe au coin nord-ouest de la plate-forme saharienne, il est entouré par les plaques mobiles de la mer méditerranée au Nord et l’océan Atlantique à l’Ouest (Fig. 2).

En effet, au cours de sa longue histoire géologique conditionnée par cette position de charnière, entre les continents africain, européen et américain,...plusieurs cycles orogéniques se sont succédés, contribuant chacun, par son contexte géodynamique et son ampleur, à façonner cinq domaines structuraux du Maroc.

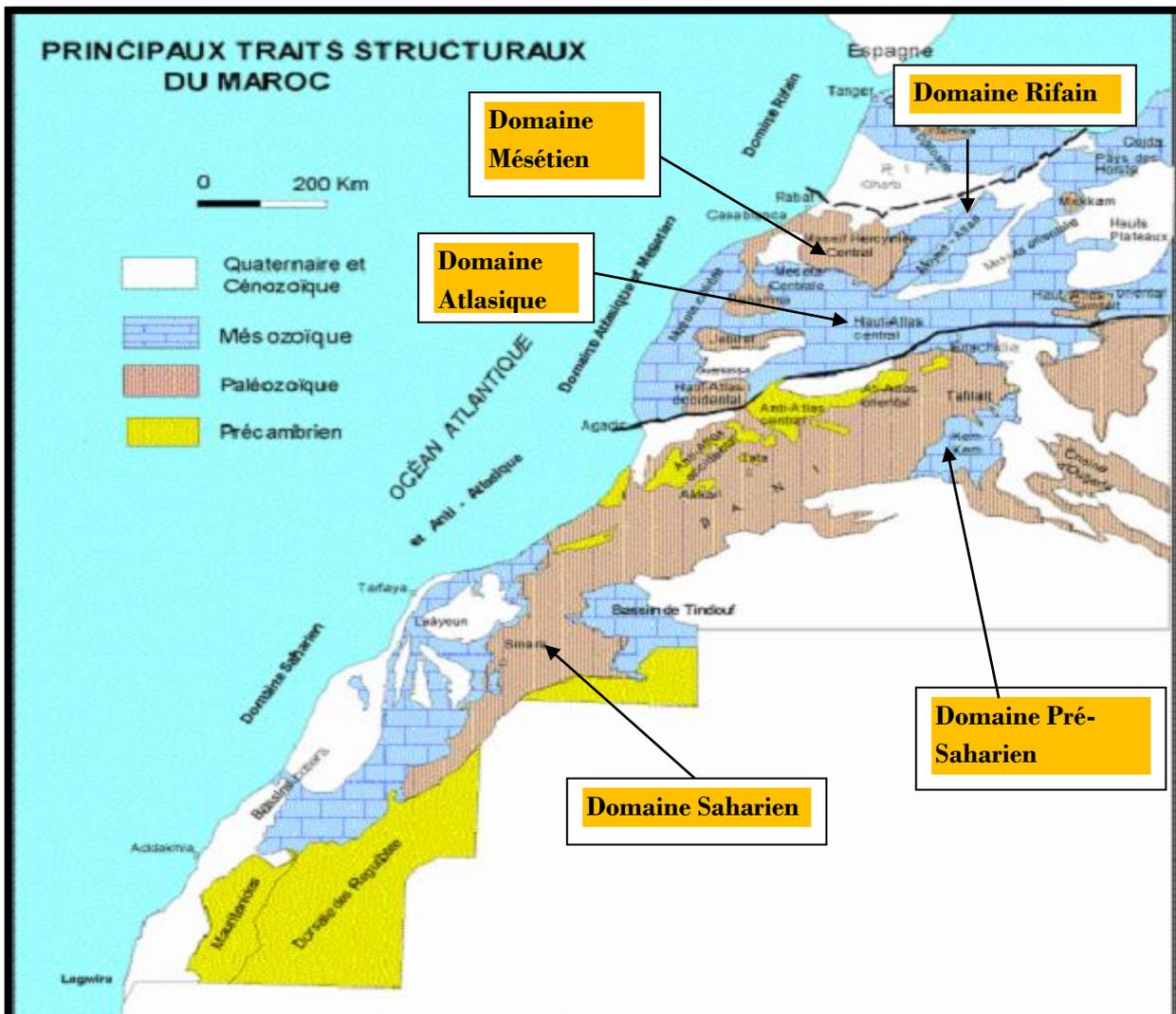


Fig.2 : Domaine structuraux marocains (Piqué et Michard, 1981)

## **1- Domaine saharien**

Ce domaine fait partie du Bouclier Ouest Africain (Michard, 1976; Piqué et Michard, 1989). Il est formé de séries du Protérozoïque inférieur, extrêmement déformées et métamorphisées au cours de l'orogénèse éburnéenne (vers 2000 Ma). Ces séries sont surmontées, au nord, par des roches paléozoïques non déformées du Bassin de Tindouf, qui, à leur tour sont recouvertes en partie par une couverture mésozoïque et cénozoïque.

## **2- Domaine Pré-Saharien**

Dans l'Anti-Atlas, le socle ancien et sa couverture du Protérozoïque supérieur ont été affectés par l'orogénèse panafricaine (680-570 Ma) (Leblanc et Lancelot, 1980). Plus tard, la couverture fini-Protérozoïque et paléozoïque de la chaîne panafricaine a été affectée par une déformation hercynienne, varisque, relativement modérée conduisant à un simple et large bombement du socle à cœur précambrien, et couverture paléozoïque (primaire) préservée au nord et au sud.

## **3- Domaine Mésétien**

Le Domaine Mésétien a été défini par Gentil (1918) comme étant le domaine de la chaîne hercynienne du Maroc. Il est constitué d'un socle paléozoïque couvert en discordance par des séries méso-cénozoïques non déformées. Ce domaine est séparé en deux parties par le Moyen Atlas, (Termier, 1936; Michard, 1976):

- *la Méséta Occidentale*, dite marocaine. Elle est constituée de trois grands massifs paléozoïques, le Massif central ou Maroc central, les Rehamna et les Jebilet, qui apparaissent à l'affleurement au sein de la couverture méso-cénozoïque.

- *la Méséta Orientale ou Oranaise*, elle est composée de plusieurs boutonnières (Jerada, Debdou, Mekam et Midelt) dont les affleurements des terrains paléozoïques sont relativement plus restreints.

## **4- Domaine Atlasique**

Le domaine atlasique est constitué de deux chaînes de montagnes, le Haut Atlas et le Moyen Atlas (Michard, 1976). Le Moyen Atlas, de direction NE-SW, sépare

La Méséta en deux. Ce domaine est formé d'une épaisse série permo-mésozoïque et cénozoïque, plissée au cours de l'orogénèse atlasique. Les phases de

plissement sont d'âge jurassique-supérieur et tertiaire. En outre, il renferme des terrains paléozoïques tels que le bloc Paléozoïque du Haut Atlas occidental et les boutonnières du Haut Atlas central et oriental et celles du Moyen Atlas.

## **5- Domaine Rifain**

Le domaine Rifain est le domaine le plus septentrional du Maroc. Il constitue la partie sud-orientale de la chaîne alpine périméditerranéenne. Il est formé de terrains allochtones chevauchant la Méséta. On y connaît aussi des terrains paléozoïques qui affleurent surtout dans la partie interne de la chaîne.

## **II-Aperçu du Haut Atlas Occidental**

Il constitue le Haut Atlas paléozoïque de Marrakech encore appelé Haut Atlas Occidental. Il est caractérisé par une série paléozoïque épaisse représentée surtout par des dépôts cambriens, la déformation hercynienne y est bien évidente et matérialisée par des plis surtout NNE-SSW, un métamorphisme important et la mise en place de granitoïdes comme celui de Tichka (Fig.3 ), (Sow, 2006).

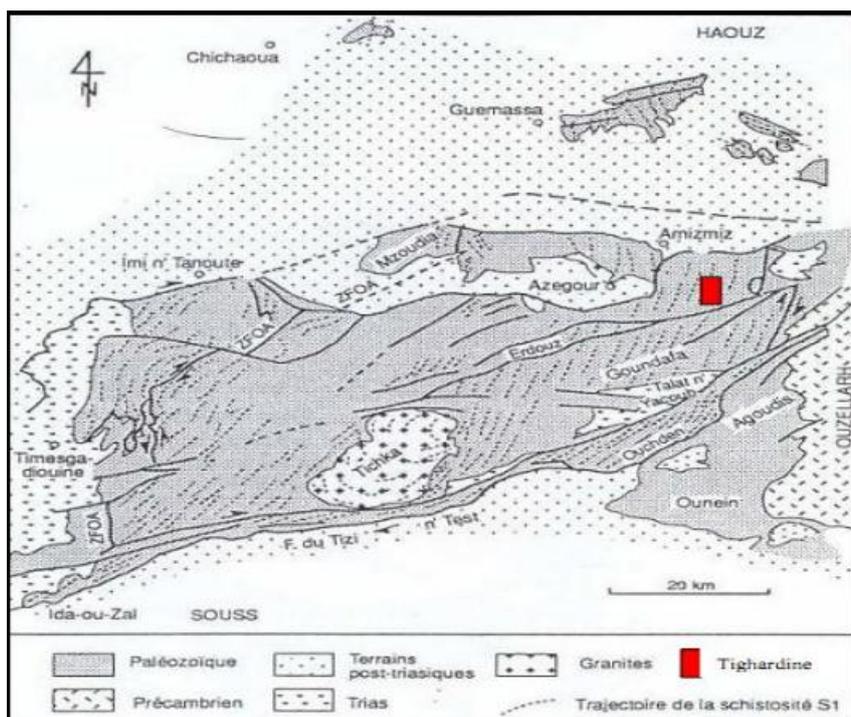
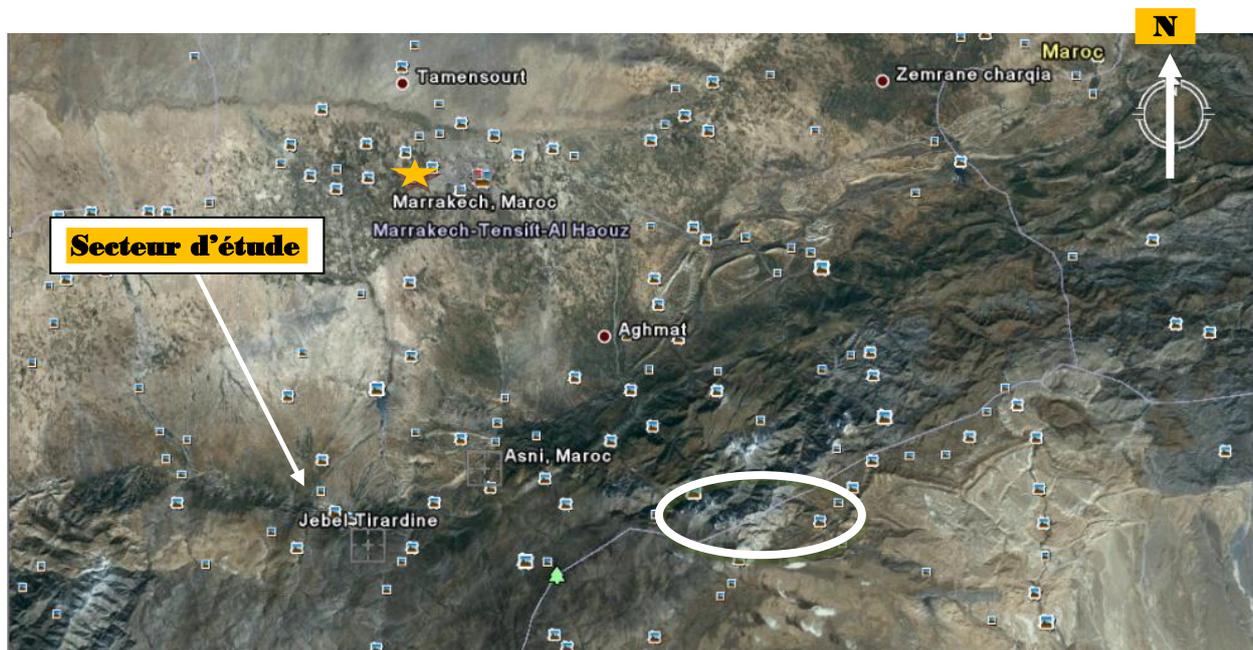


Fig.3 : Le Haut Atlas paléozoïque (Cornée et al., 1987)

### III- Géologie de jbel Tighardine

#### 1 - Situation géographique

La mine de Tighardine est située à environ 80 km au SSW de Marrakech et à 21 km à l'Ouest du village d'Asni. L'accès à la mine se fait par une piste d'environ 3 km à partir de la route nationale N°203 (ancienne RN 501 reliant Marrakech à Taroudant) en passant par l'oued N'Fis. La mine se localise à une altitude d'environ 1432 m (galerie d'accès au puits 1, dénommé niveau D) sur le flanc sud de Jbel Tighardine.



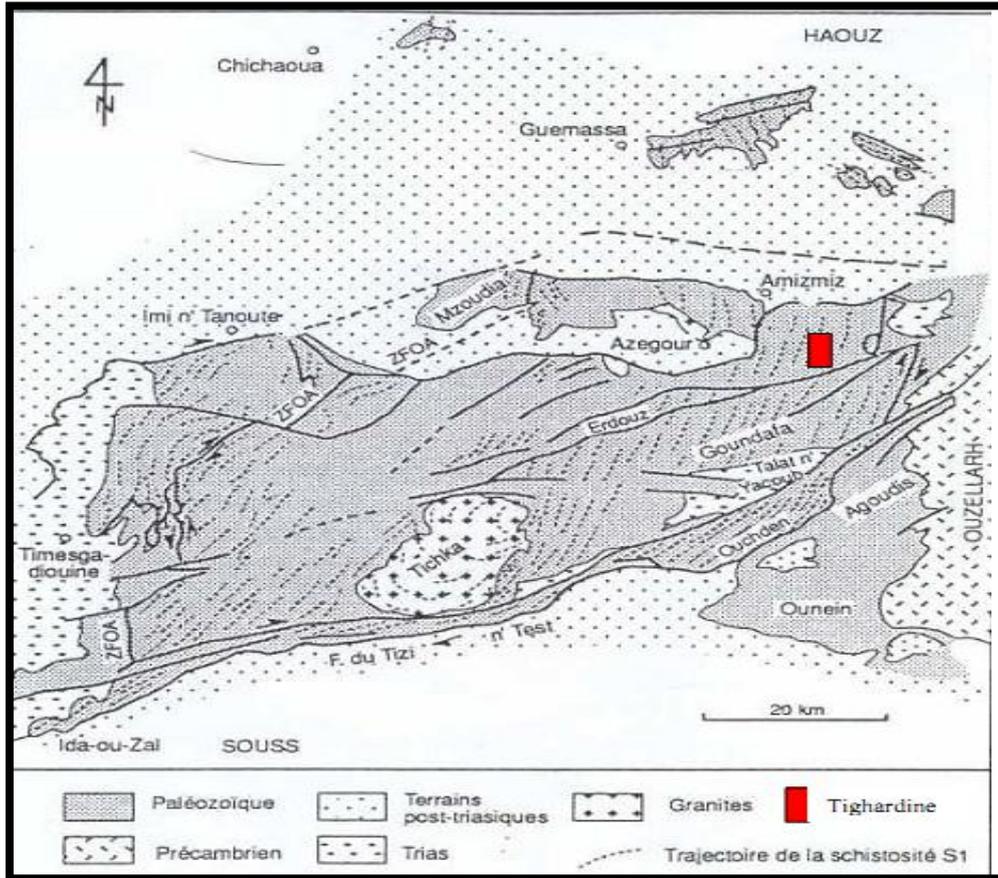
**Fig.4** : Situation géographique de jbel Tighardine (Google Earth)

#### 2- Cadre géologique

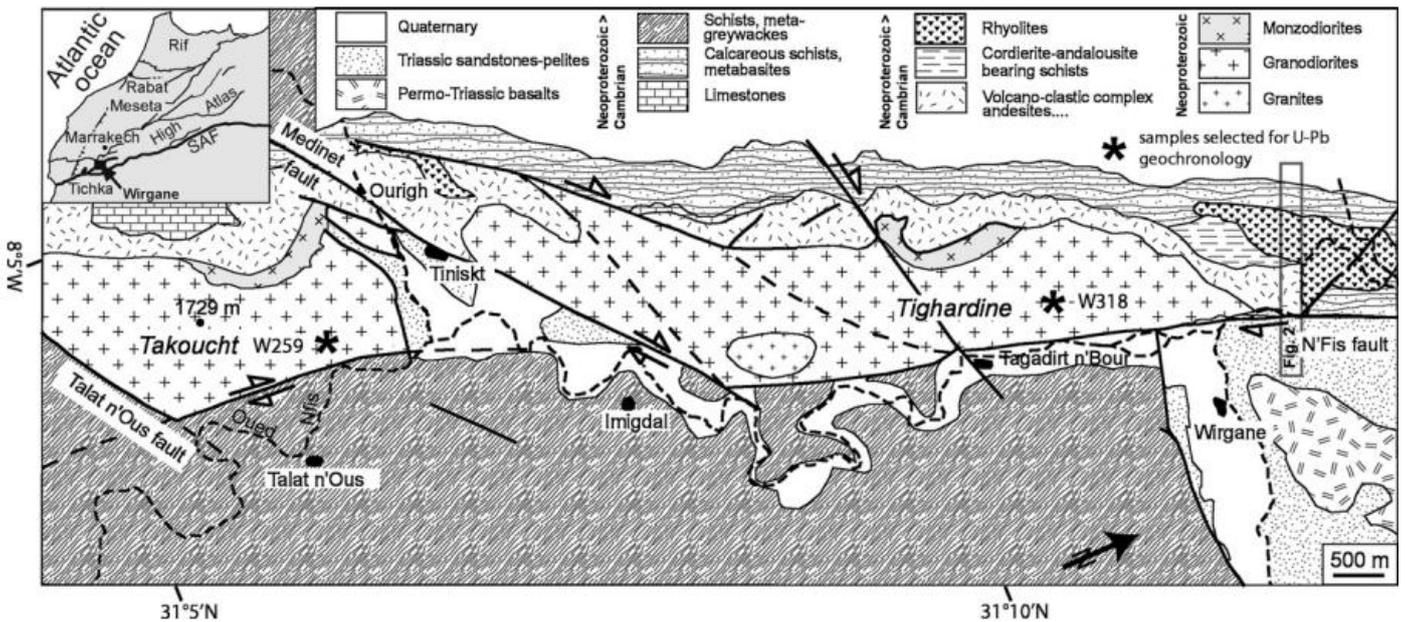
Le massif ancien du Haut Atlas occidental est limité vers le sud par l'accident de Tizi n'Test de direction N70°, qui se prolonge vers le massif hercynien des jebilet selon une direction NNE-SSW (Ouanaimi & Petit, 1992). Il a enregistré une forte subsidence au cambrien inférieur et au cambrien moyen (Shear, 1964 ; Cornée et al., 1987). Il est formé, en plus des terrains protérozoïques, d'une série paléozoïque attribuée au cambrien (Labriki, 1996) , affectée d'une déformation ductile en climat métamorphique épizonal. La déformation se traduit surtout par un plissement et une schistosité de flux de direction NNE- SSW (Conée et al.,1987) . Cette série, constituant l'encaissant de plusieurs intrusions.

granitiques hercyniennes, est recouverte en discordance par des terrains mésozoïques.

Le versant sud du jbel Tighardine, situé dans l'extrémité NE du massif ancien du Haut atlas, est formé de granodiorites néoprotérozoïques (Eddif et al., 2000 ; Eddif et al., 2007) et d'une série volcano-sédimentaire attribuée au cambrien (**Fig. 6**). Les formations de la base de cette série attribuées au cambrien inférieur, correspondent à une alternance de shales noirs et de lentilles carbonaées, avec d'importantes manifestations volcaniques à sa base et à son sommet. Ces formations sont surmontées par des séricito-schistes attribués au cambrien moyen. Les formations du versant sud du jbel Tighardine sont affectées par un réseau de failles qui s'organisent suivant deux principales familles directionnelles (**Fig. 5**) : NE-SW à NNE-SSW et N70° à E-W. Les failles NE-SW à NNE-SSW, qui viennent buter sur les failles N70° à E-W, ont une extension faible (d'ordre kilométrique). Le secteur de Tighardine est caractérisé par NNE-SSW, qui vient buter contre une faille E-W au nord, et contre une faille N70° au sud (**Fig. 6**). À l'affleurement les minéralisations de Tighardine, essentiellement composée de barytine, empruntent la discontinuité lithologique entre une barre de domomie et des shales noirs. Ce contact coïncide avec une zone faillée de direction moyenne N20°, inclinée vers le NW. Cette zone vient buter, vers le sud, sur l'accident d'Erdouz de direction N70° (**Fig. 5**). Globalement, la série cambrienne du versant sud du jbel Tighardine est une structure monoclinale de direction générale NNE-SSW et inclinée de 45° vers le NW, ce qui confère à la minéralisation un aspect subconcordant (Alansari et al., 2009).



**Fig. 5 :** Localisation de la Mine de Tighardine dans la carte structurale simplifiée du Haut Atlas occidental (Cornée et al., 1987)



**Fig. 6 :** Contexte géologique de jbel Tighardine (Eddif et al., 2000)

### **3- Lithostratigraphie de jbel Tighardine**

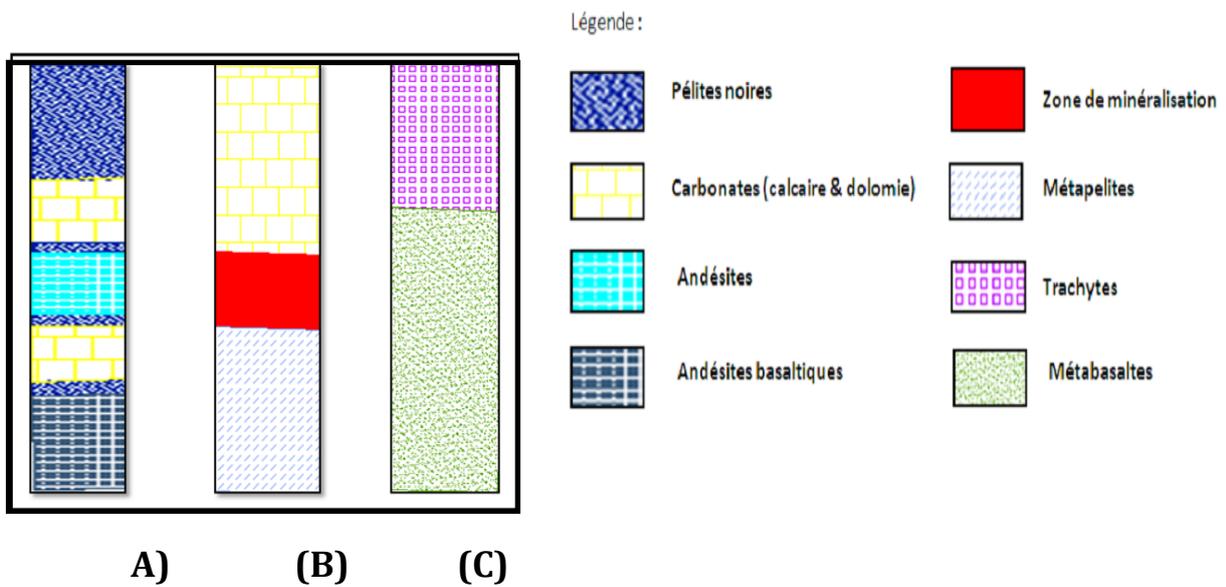
Du point de vue lithostratigraphique, la série cambrienne de Tighardine est constituée d'une succession de faciès volcaniques et sédimentaires que l'on peut subdiviser en trois unités distinctes (Sow, 2006) :

**a) L'unité basale** : avec une épaisseur apparente de 250 m, elle correspond à un agencement de matériaux sédimentaires terrigènes fins à passées carbonatées et à intercalations de faciès volcaniques. Les matériaux sédimentaires se composent de schistes noires et de niveaux carbonatés localement transformés en skarns. Les faciès volcaniques correspondent à des andésites porphyriques et à des tufs soudés de composition rhyo-dacitique. Des faciès pareils faisant partie intégrante des formations volcaniques du Haut Atlas occidental, paraissent issus d'un contexte de marge active Néoprotérozoïque, que l'on situe antérieurement au contexte extensif intracontinental du magmatisme cambrien (Ouazzani et al., 1998 ; Jouhari et al., 2001 ; El Archi et al., 2004). Dans la plupart des cas, ces roches volcaniques sont affectées par des altérations hydrothermales de type chloritisation, séricitisation et carbonatation.

Toutes les formations de cette unité basale sont remarquablement riches en pyrite.

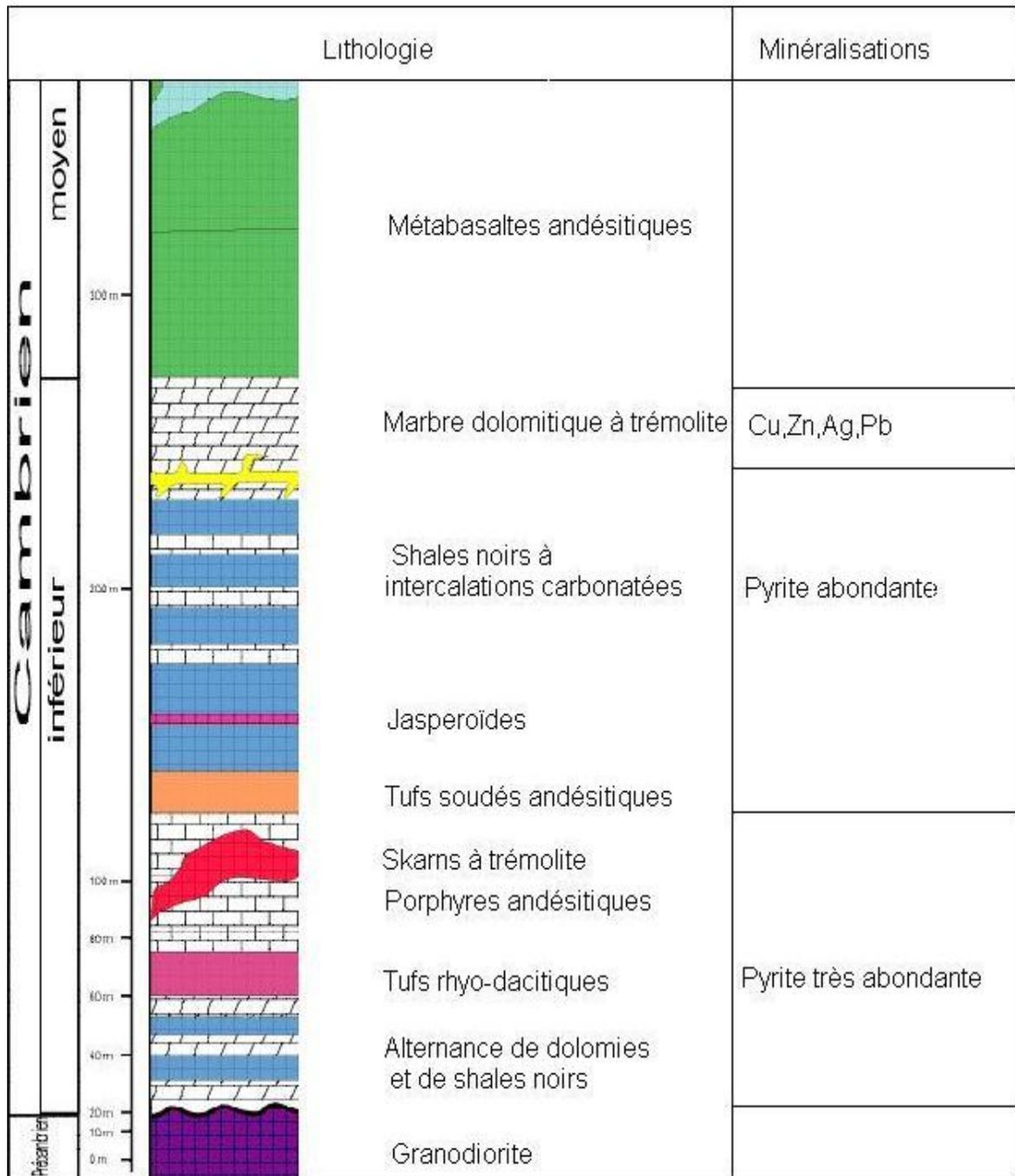
**b) L'unité médiane** : cette unité encaisse la minéralisation à Cu-Zn-Pb-Ag d'intérêt économique. Elle se compose d'une alternance de pélites noires graphiteuses et de dolomies, correspondant respectivement au mur et au toit des minéralisations polymétalliques. Les dolomies, avec une épaisseur apparente de 85m sur sondages verticaux, constituent le niveau porteur de la minéralisation. Cette dernière se présente soit comme remplissage de fentes de tension, soit comme produit de remplacement de marbres dolomitiques à silicates calciques.

**c) L'unité sommitale** : de puissance apparente dépassant 140m sur sondages verticaux, elle est constituée exclusivement de laves volcaniques altérées correspondant à des basaltes généralement transformés en amphibolites et présentant des textures aphanitique, porphyrique et microlitique fluidale. Des basaltes similaires, bien connus dans le Haut Atlas occidental, présentent les signatures géochimiques de tholéiites continentales de bassin d'arrière-arc (El Archi et al., 2004). Les Métabasaltes se terminent par des trachytes.



**Fig. 7** : Logs synthétiques des unités stratigraphiques au niveau de la mine Tighardine (Sow, 2006)

(A) : log stratigraphique de l'unité basale    (B) : log stratigraphique de l'unité médiane    (C) : log stratigraphique de l'unité sommitale



**Fig. 8 :** Colonne stratigraphique synthétique des différentes formations de la mine de Tighardine (Alansari et al., 2009)

## **4- Tectonique de jbel Tighardine**

Du point de vue tectonique, la série monoclinale cambrienne du Jbel Tighardine est affectée par une phase tectonique majeure extensive, qui a développé des failles normales selon une direction générale NE-SW (Alansari et al., 2009).

Les veines minéralisées peuvent être affectées localement par une génération tardive de petites failles normales. Des stries de glissement qui témoignent d'un décrochement tardif, peuvent être observées localement sur des surfaces planes du remplissage barytique, parallèlement aux épontes des veines minéralisées. Localement, des structures de cisaillements ductiles ont été repérées dans les pélites noires graphiteuses. Il s'agit de veines décimétriques sigmoïdales de barytine et de lentilles observées dans les pélites noires (Soulaimani et al., 2009).

L'ensemble des travaux ont été basés sur de simples observations sur le terrain à l'échelle mésoscopique, en parallèle avec l'activité minière (avancement des galeries et cheminées). Ainsi, on distingue (Badi, 2011) :

### **a-Tectonique synsédimentaire**

#### **Failles normales conformes (synthétiques)**

Ces failles ont été observées à différentes échelles, métrique à centimétrique. Ces structures faillées sont parfois fossilisées attestant ainsi de leur caractère synsédimentaire. Ces failles présentent un élargissement des couches à leurs contacts ce qui indique des phénomènes de subsidence synsédimentaire. Leur rejet est d'ordre centimétrique à plurimétrique suivant la grandeur de la faille elle-même. La famille la plus fréquente montre une direction NE avec des pendages moyens à fort vers le NW. La deuxième famille montre une direction E-W ; elle est moins fréquente que la première.

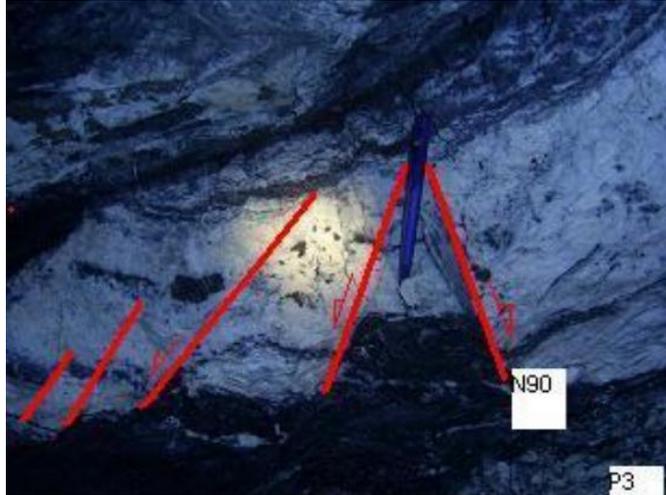
#### **Failles normales contraires (anthétiques)**

Ces failles montrent deux directions principales (fig. 10) :

- Une direction NE-SW à pendage fort vers le SE. Cette famille représente la conjuguée aux failles normales synthétiques de même direction.
- Une direction NW-SE à pendage fort vers le SW.

## Failles inverses contraires

Ces failles montrent une direction globale NS à NNW–SSE avec un pendage fort respectivement vers l’Est et le nord-est



**Fig. 9** : Mini horst observé dans la série volcano-sédimentaire de Tighardine (Badi, 2011).



**Fig. 10** : Jeu de faille normale contraire dans les dolomies. (Badi, 2011).

## b- Tectonique synschisteuse

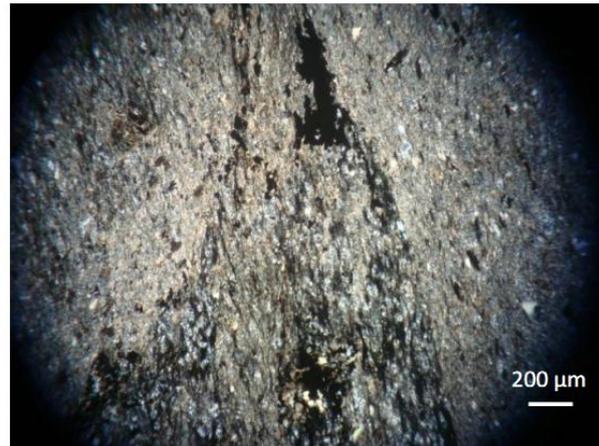
C'est le style le plus exprimé dans le secteur de Tighardine. Il se traduit par l'expression de plusieurs structures et microstructures tectoniques (schistosité, décrochement, fentes, ...). Ces structures à caractère synschisteux ont fortement contribué à l'organisation actuelle des séries sédimentaires et carbonatées de Tighardine (Badi, 2011).

La schistosité (S1) est une schistosité de flux très pénétrative qui présente une direction générale N170°E (Fig. 11), avec un pendage de 75° vers le sud-ouest (Badi, 2011).

Macroscopiquement (Fig. 12 ; Badi, 2011), cette schistosité est marquée par la néoformation de minéraux métamorphiques (séricite et/ou muscovite). Elle est généralement soulignée par l'orientation de ces micas et l'étirement des grains de quartz et des sulfures disséminés. Cette fabrique planaire est très bien marquée dans les faciès pélitiques par rapport aux faciès carbonaté et magmatique.



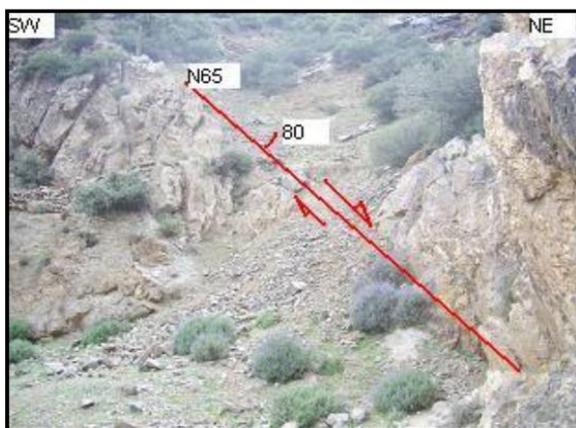
**Fig. 11** : Schistosité du secteur NE de la mine schistosité du de Tighardine (Badi, 2011).



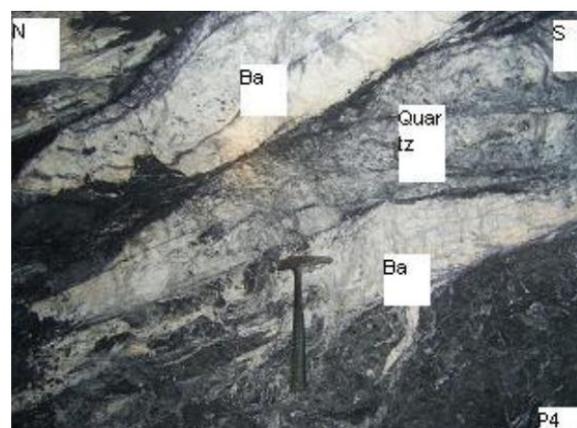
**Fig. 12** : Illustration microscopique de la Secteur NE de la mine de Tighardine. (Badi, 2011).

### **Failles décrochantes**

Ces structures faillées à caractère décrochant s'organisent selon un dispositif anastomosé formé d'un réseau de failles limitant des blocs rocheux allongés en lentilles tectoniques (Fig. 14) , (Badi , 2011). Ces lentilles sont de différentes natures pétrographiques (dolomie, pélites noires,...) et minéralogique (barytine, quartz, chalcoppyrite...). Leur forme géométrique en genou se réserve en coupe et en plan et sont rencontrées à différente échelles et à différents niveaux. En effet ces lentilles sont rencontrées dans le niveau D-150 cuprifère alors que dans les niveaux D et D-30, elles sont à base de barytine et de quartz avec parfois une corrélation positive entre la barytine et la galène alors que la sphalérite s'associe au quartz, comme le cas de la figure 13.



**Fig. 13**: Faille normale dextre à la surface qui étrangle un filon de quartz (Badi, 2011).



**Fig. 14**: Lentilles de Barytine et de quartz (Badi, 2011).

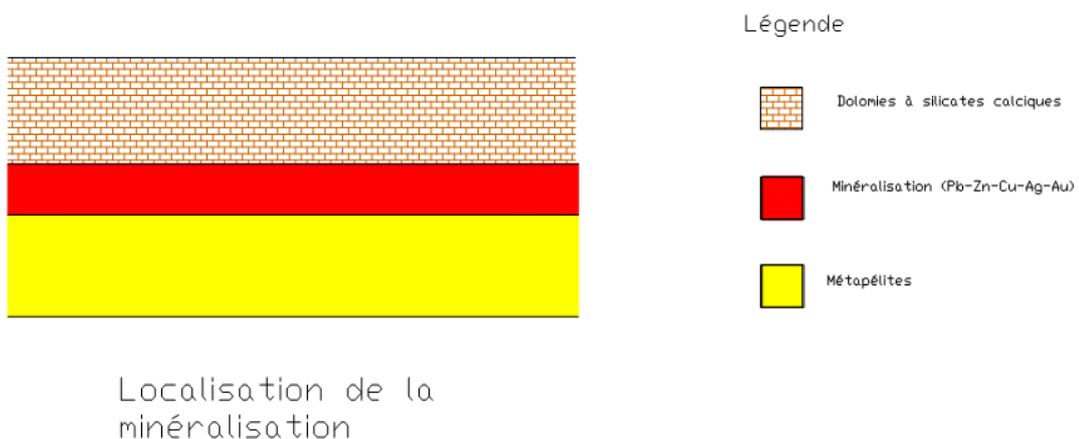
Ces failles décrochantes présentent sur leurs plans des plis en échelon associés, ce qui rend leurs limites généralement sinueuses (Badi, 2011). (Fig. 14). Dans le gisement de Tighardine, les structures décrochantes présentent le plus souvent des mouvements avec deux composantes horizontale et verticale dont les conséquences sont de forts basculements de blocs. Ces basculements causent parfois des difficultés au niveau du suivi des lentilles minéralisées.

## IV- Aspect gîtologique

### 1-Localisation de la minéralisation : (Alansari et al., 2009)

A l’affleurement, les minéralisations de Tighardine sont localisées le long d’un contact faillé entre un horizon dolomitique et des shales noirs graphiteux. Il s’agit d’alignement de lentilles de direction N20°E, bordées à leurs murs par des stockwerks et des brèches hydrauliques. Deux principaux types de minéralisations polymétalliques sont observés à partir des carottes et des ouvrages miniers, organisés selon une zonalité verticale :

- \* Des veines et des brèches, à barytine-Pb-Zn-Ag en amont.
- \* En aval, des veines minéralisées en Cu-Zn-Pb-Ag, marquée par la disparition de la barytine et l’abondance de la chalcopryrite. L’encaissant est constitué par des marbres dolomitiques à trémolite.



**Fig. 15** Schéma représentatif de la localisation de la minéralisation.

## **2- Morphologie**

la morphologie de la minéralisation à Jbel Tighardine reste difficile à définir. Cependant au stade actuel la morphologie la plus probable semble être celle d'un filon barytique mis en place à la faveur d'une surface de discontinuité entre les métapelites du mur et les dolomies du toit (Sow, 2006).

Il s'agirait d'un alignement filonien constitué d'une succession de lentilles discontinues, atteignant au maximum 1.5 m à 2 m d'épaisseur et rarement plus d'une trentaine de mètres d'extension (Huvelin et Viland, 1977). L'interruption de la structure minéralisée en surface (Niveau D) et le fait qu'elle soit interceptée par les sondages en profondeur (Niveau D-30) semble confirmer cette hypothèse.

## **3 - Relations avec l'encaissant**

La structure minéralisée repose par contact normal sur les formations du toit et du mur de la minéralisation. Malgré le caractère lité du minerai à certains niveaux, on n'observe pas de figures sédimentaires témoignant d'un dépôt contemporain à la sédimentation. Cependant un contrôle structural de la mise en place de cette minéralisation a été mis en évidence (Alansari et al., 2009).

## **4- Minéralisations macroscopiques**

Le remplissage des veines est dominé par la barytine blanche en tablettes millimétriques à décimétriques. La barytine peut alterner avec des lits millimétriques à centimétriques de galène dans les épontes et l'association de la sphalérite sous forme de stockwerks. Dans les cœurs des veines, les tablettes de barytine deviennent de taille plus importante et peuvent être associées avec une sphalérite mielleuse. Les analyses chimiques ponctuelles effectuées au MEB donnent deux principaux stades minéralisateurs (Alansari et al., 2009).

\* Stade 1 (paragénèse ferro-arsénifère) : il se caractérise par la dominance de la pyrite par rapport à la pyrrotite et à l'arsénopyrite. Localement, la pyrite peut présenter un lien étroit avec les lattes trémolite qu'elle peut cimenter .

\* Stade 2 (paragénèse polymétallique à Cu-Zn-Pb-Au-Ni-Co) : Ce stade est dominé par la chalcopryrite et la sphalérite. La galène, la freibergite, la tétraédrite argentifère complètent l'assemblage de ce stade avec très accessoirement, la brannerite, un sulfo-antimoniure de Ni et Co, et très peu d'alliage d'or et d'argent (Alansari et al., 2009).

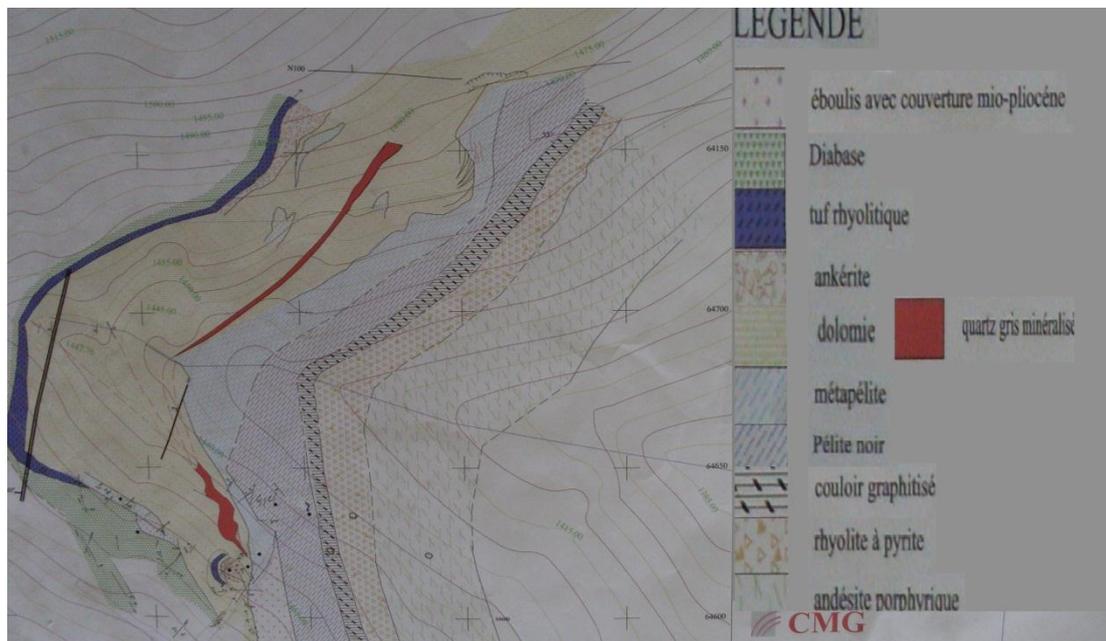
Deuxième Partie  
Etude de la partie Nord de  
la Mine de Tighardine

## **I-Introduction**

Notre travail a consisté en une étude de terrain des différentes formations de la zone Nord de la Mine de Tighardine en vue de l'établissement d'une carte géologique de cette zone, ainsi qu'un levé du niveau D servant à l'exploration. Une description macroscopique et microscopique des échantillons récoltés a été réalisée également dans le but de comparer les faciès et les paragenèses de la partie nord de Tighardine avec la partie actuellement exploitée. Par ailleurs, une étude structurale très succincte a été menée dans le but de comparer nos résultats avec ceux disponibles sur la zone actuellement exploitée de Tighardine (notamment les travaux de Badi, 2011).

## **II-CARTOGRAPHIE**

### **1- Cartographie de surface :**



**Fig. 16 :** Carte géologique de la partie Nord de la Mine de Tighardine (Voir CD).

La carte présente une série stratigraphique composée de plusieurs formations géologiques dont la base est formée par des andésites porphyriques et le sommet est occupé par des diabases.

Entre ces deux formations on trouve des dolomies qui renferment parfois des zones à wollastonite qui témoignent qu'elles ont subi un métamorphisme de contact.

A l'intérieur de ces dolomies, on trouve un filon de quartz gris minéralisé en malachite ; les travaux actuels dans le Niveau D visent à l'exploitation de ce filon par la construction des recoupes.

La formation schisteuse correspond à des pélites noirâtres légèrement schistosées, minéralisées en pyrite et des métapélites fortement schistosées que les pélites noirâtres.

Le couloir graphitisé est considéré comme étant un couloir à pélite fortement graphitisée, ce couloir est faillé, bréchifié, schistosé et correspond à la faille majeure du gisement.

## **2-Levé du niveau D**

Ce levé a été réalisé par les géologues de la mine et qu'on a vérifié en place , et qui confirme celui fait par les géologues.

### **a- Présentation du niveau D**

Le niveau D est une galerie d'exploration pour accéder aux autres niveaux de la mine soit par les cheminées ou bien on utilisant le puits.

Dans le cadre d'exploration de la partie Nord de la mine, un percement a été réalisé dans ce niveau pour faciliter le passage à la surface.

A ce niveau on trouve une recoupe qui a été faite pour exploiter un filon minéralisé observé à la surface de la partie nord de la mine.

### **b- Levé du niveau D**

Voir CD.

D'après le levé détaillé (Fig. 17), le niveau D montre la présence de deux faciès pélitiques : des pélites noires graphitisées schistosées et des pélites non graphitisées avec un aspect parfois grisâtres.

Le faciès pélitique est en contact avec des dolomies blanchâtres ou grisâtres parfois à wollastonite, ce contact se manifeste par l'apparition de la minéralisation.

Les dolomies sont intercalées par des rhyolites et suivies par des dolérites, des pélites non graphitisées, puis des rhyolites et enfin les diabases.

Le niveau D est fortement faillé et fracturé avec un couloir graphitisé bréchifié qui décale la minéralisation. La recoupe près du percement est dirigée vers le filon minéralisé dans la partie Nord de la mine de Tighardine.

Le niveau D est une galerie formée de plusieurs faciès dont la plupart sont retrouvés à la surface, la différence par rapport à la surface qu'on a étudiée par cartographie est la présence au niveau D de failles en plusieurs familles et sa richesse en graphite.

## **Conclusion**

Le niveau D présente deux types de pélites :

Les pélites noires graphiteuse près du percement, les pélites noires non graphiteuse.

La minéralisation est située au contact métapélite-dolomies qui correspond respectivement au mur et toit de la minéralisation.

Le niveau D est fortement faillé avec des directions comprise entre N0-N10°E et N110-N120°E.

La succession des faciès est la suivante :

Les pélites noires graphiteuses, les pélites noires non graphiteuses, les pélites grisâtres, les dolomie, les dolérites, les rhyolites et les diabases.

### III-ETUDE STRUCTURALE

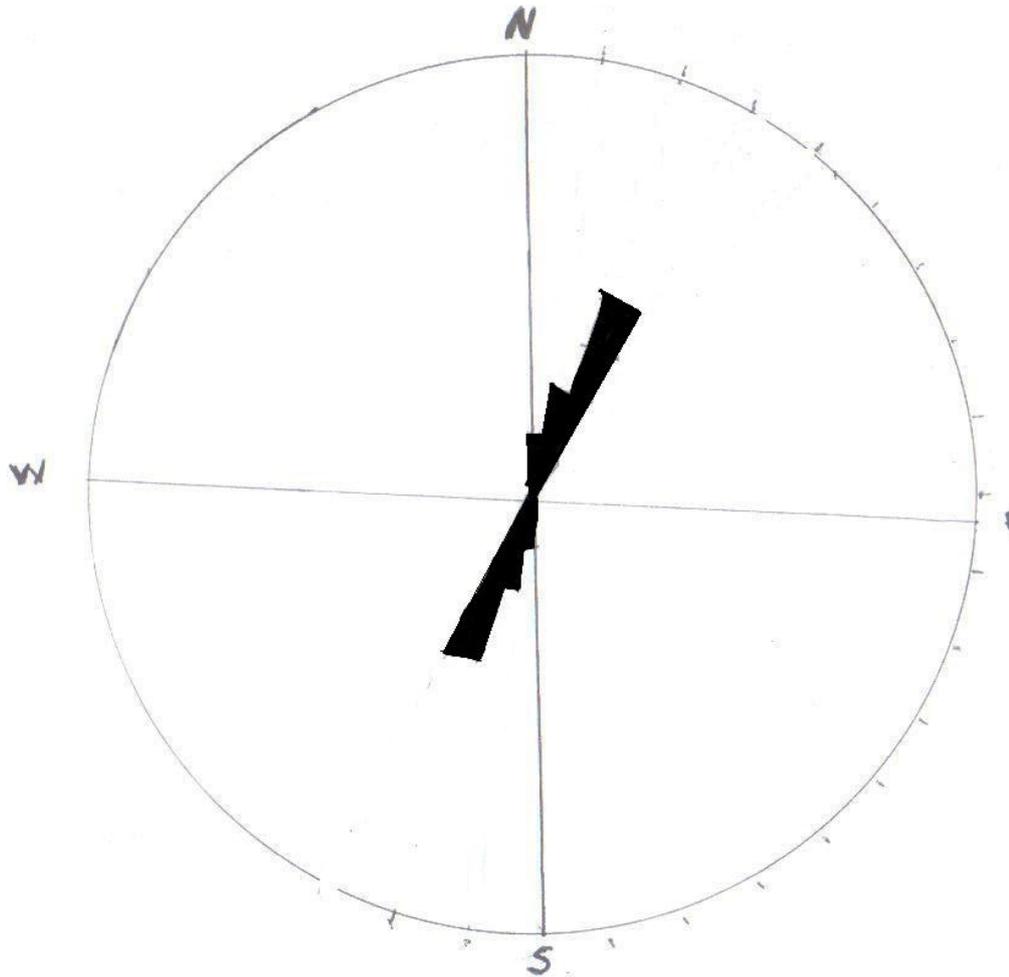
Les structures quantifiées lors de ce travail sont les failles et la schistosité.

#### 1 - La schistosité (S1)

La schistosité est une réponse physique des roches aux contraintes tectoniques, elle est fonction de plusieurs facteurs dont l'intensité de la contrainte, la composition minéralogique la granulométrie de la roche, le niveau structural et la présence ou non de fluides.

#### Mesures de la schistosité

<i>Direction°E</i>	<i>Pendage</i>
<i>N30</i>	<i>78°NE</i>
<i>N5</i>	<i>52°NE</i>
<i>N30</i>	<i>60°NE</i>
<i>N30</i>	<i>65°NE</i>
<i>N25</i>	<i>90°NE</i>
<i>N15</i>	<i>90°NE</i>
<i>N15</i>	<i>45°NE</i>



**Fig. 18 : Rosace directionnelle de la schistosité**

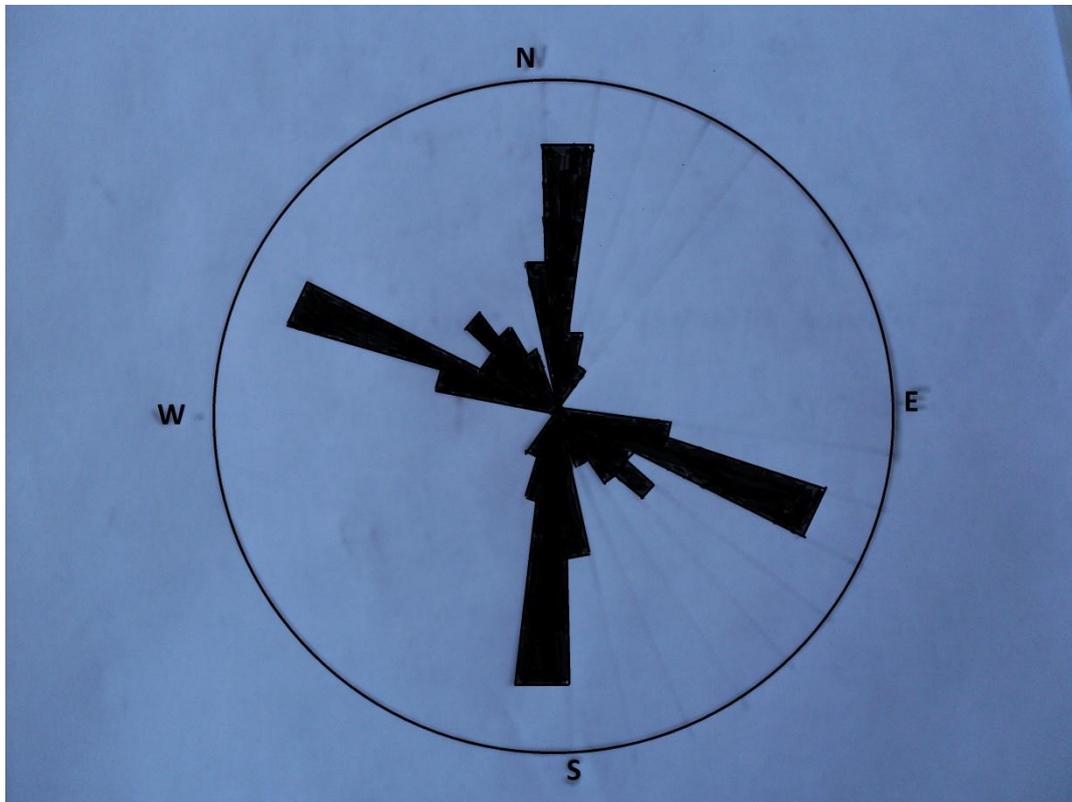
La représentation des mesures de schistosité en surface et au niveau D, sous forme d'une rosace directionnelle montre une direction principale N20° à N30°E. (Fig. 18).

Les valeurs du pendage sont comprises entre 35 et 65°, voire par endroits subvertical à vertical (80-90°), vers le NE, exceptionnellement vers le SW.

### **b- Les failles :**

#### **Les mesures des failles**

Directions	Pendage	Directions (°E)	Pendage
N170	40°SW	N130	80°NE
N105	80°NE	N15	80°NE
N120	80°NE	N0	80°NE
N100	85°NE	N15	60°NE
N150	85°NE	N5	60°NE
N5	70°NE	N170	45°NE
N120	85°NE	N120	30°NE
N10	55° E	N140	20°NE
N105	80°NE	N170	35°NE
N0	80° w	N105	20°NE
N0	85° w	N10	70°NE
N120	80 °SW		
N115	80° SW		
N120	80°NE		
N145	75°SW		
N115	70°NE		
N125	70°NE		
N145	45°NE		
N165	30°NE		
N135	75°NE		
N155	70°NE		
N150	70°NE		
N35	75°NW		
N110	60°NE		
N135	70°SW		



**Fig. 19** : Rosace directionnelle des failles

La représentation des mesures des failles levées sous forme de rosace directionnelle montre deux directions majeures N0-N10°E et N110-N120°E avec une direction de plus faible importance N160-N170°E avec un pendage comprise entre 70 et 80° vers le NE ou l' W.

Plusieurs autres directions ont été rencontrées mais elles sont très peu représentées.

### **Conclusion**

La schistosité présente une direction principale N20-N30°E avec un pendage comprise entre 35-65° et qui peut atteindre parfois la verticalité, alors qu'on distingue deux familles de failles N0-10° E et N110-N120°E (avec une famille de faible importance N160-N170°) avec un pendage entre 35°et 65NE voire par endroit subvertical à vertical : 80-90° vers le NE.

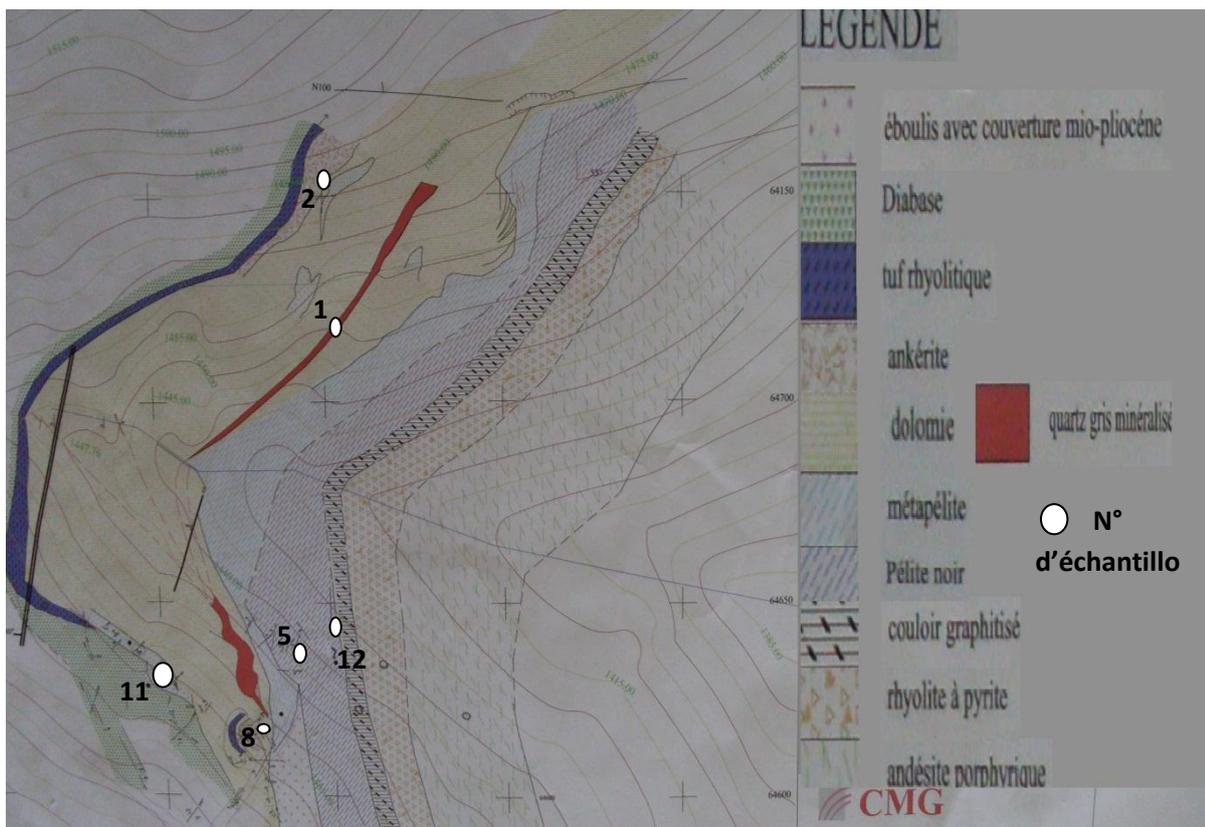
Les résultats qu'on a trouvés ne sont pas concordants avec les travaux anciens alors qu'ils sont presque concordants avec les travaux de cornée et al., 1987 Et qui décrit que la schistosité qui existant dans le secteur de jbel Tighardine est une schistosité de flux de direction NNE-SSW.

### III-ETUDE PETROGRAPHIQUE ET MINERALOGIQUE

#### A-Echantillonnage

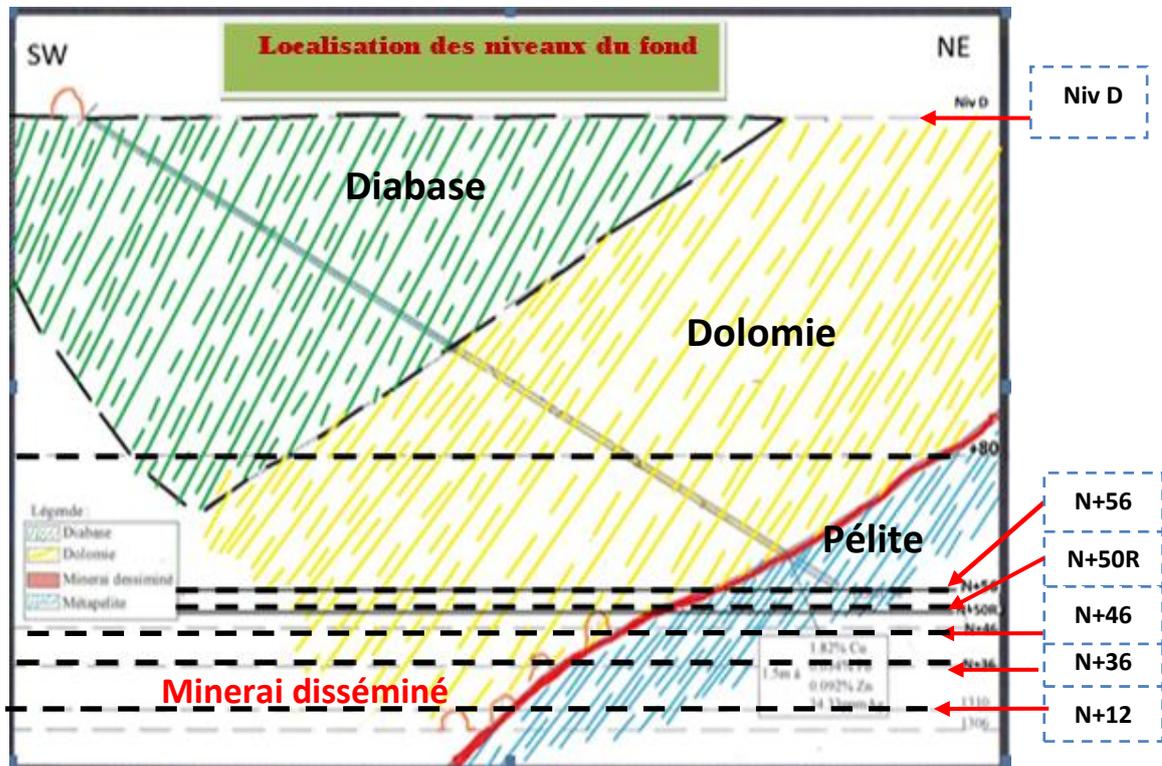
L'échantillonnage de la partie Nord de la Mine a concerné la surface, le Niveau D, et les niveaux +50N ; +56N ; 46N ; et un ancien montage (+12N).

**Echantillonnage de surface** : pour la localisation des échantillons de surface, se référer à la carte **Fig. 20** (carte page 26)



**Fig. 20** : localisation des échantillons de surface

**Echantillonnage fond :** Les échantillons fond ont été récoltés à différents niveaux : Niveau D, et les niveaux +50N ; +56N ; 46N, +12N (**Fig. 21**).



**Fig. 21 :** localisation des niveaux d'échantillonnage

Dans la galerie du Niveau D, plusieurs échantillons ont été recueillis et sont situés sur la **figure 17 (page 28)**.

Dans les galeries des niveaux +50N ; +56N ; 46N, +12N, un seul échantillon par niveau a été pris.

## **B-Description macroscopique des échantillons**

### **1 - Echantillons de fond**

#### **Niveau D**

Echantillon 19 (Planche 1, photo 1) : (minerai) filon de quartz blanc laiteux-barytine à galène avec localement de l'ankérite

Echantillon 16 (planche 1, photo 2) : (minerai) filon à quartz dominant avec quelques carbonates (calcite+dolomite+ankérite) et barytine.

Echantillon 13 (planche 1, photo 3) : Il s'agit d'un faciès massif encaissant silicifié et carbonaté dont la nature n'est pas identifiable macroscopiquement et qui recoupé par des fissures à calcite et de lits de pyrites. Ce faciès présente une zonalité avec couleurs allant de gris foncé-brun-gris verdâtre jusqu'au blanc verdâtre où en voit des lits infra-centimétriques de pyrite en cristaux automorphes.

### **Niveau 56 N**

Echantillon 18 (planche 1, photo 4) : (minerai) Faciès à quartz -calcite à dominance du quartz translucide grisâtre avec de la pyrite abondante et de la chalcoppyrite. Ce faciès est recoupé par des veinules millimétriques de quartz.

### **Niveau 50 R3**

Echantillon 17 (planche 1, photo 5) : pélite noire silicifiée portant une minéralisation abondante à chalcoppyrite dominante, pyrite et recoupé par des fissures à quartz- calcite.

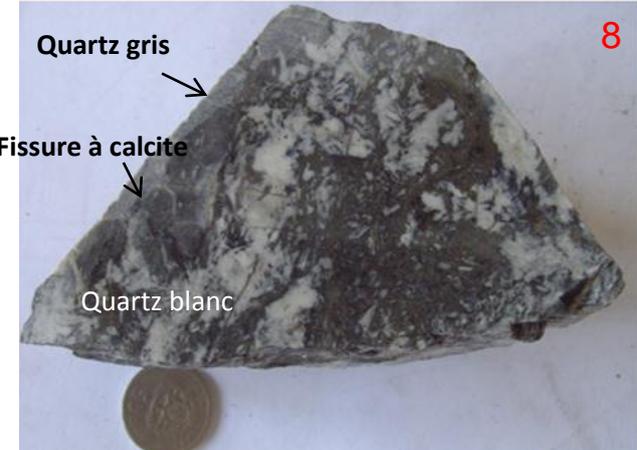
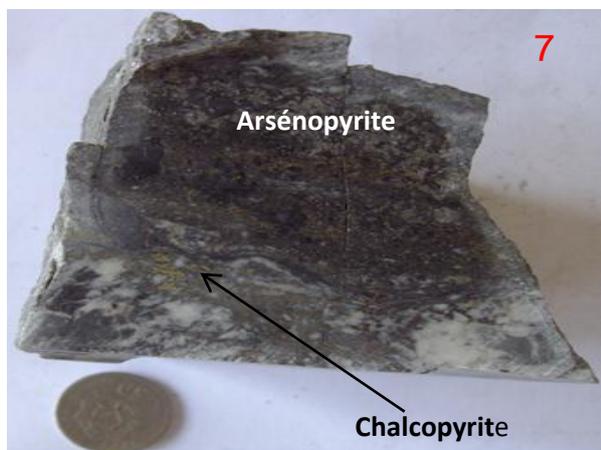
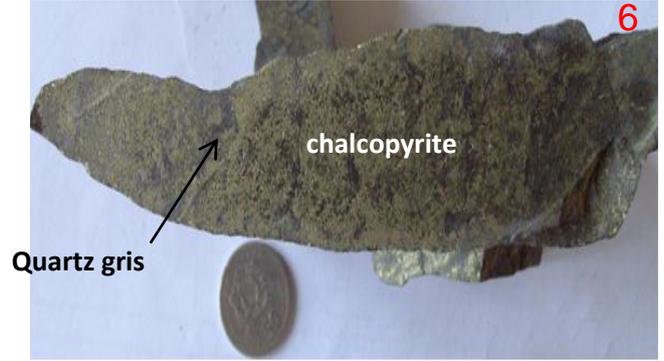
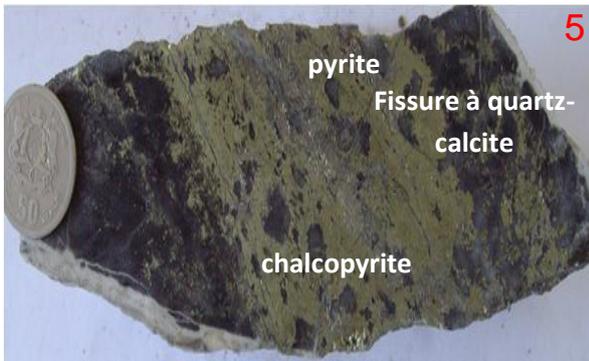
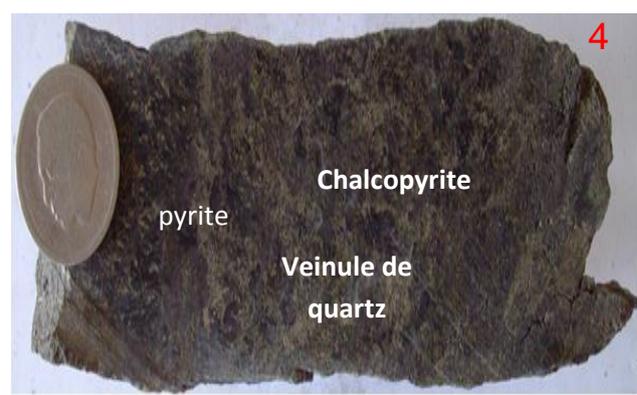
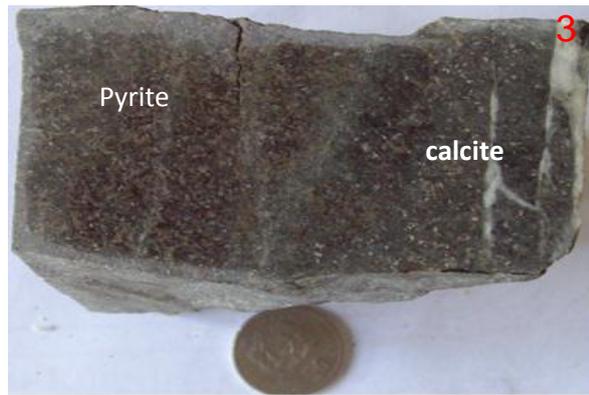
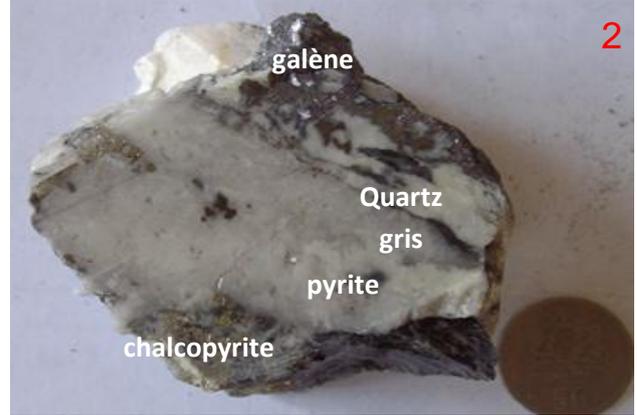
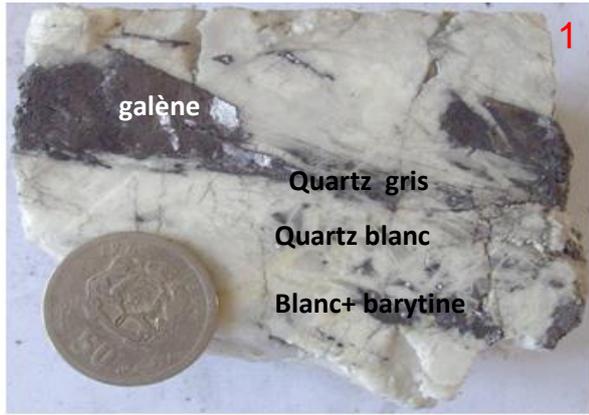
### **Niveau 46**

Echantillon 15 (planche 1, photo 7, 8) : On voit du quartz blanc et quartz gris avec carbonates (calcite) formant une brèche minéralisé principalement en arsénopyrite avec localement de la chalcoppyrite et recoupé par des fissures de sphalérites mielleuse et des fissures à calcites.

### **Niveau+12N**

Echantillon 20 (planche 1, photo 6) : cet échantillon a été récolté en remontant vers le niveau D sur le conseil du géologue de la mine afin de caractériser le minerai à cuivre gris qu'il a identifié macroscopiquement. Il correspond à du minerai sub-massif à chalcoppyrite dominante, cuivre gris avec quartz gris en plage translucides et des carbonates en faibles quantité (calcite et probablement dolomite en petites plages) ainsi que des fragments d'encaissant.

# Planche 1



## **2- Echantillons de surface et du niveau D**

### **La surface**

Echantillon 11 (Planche 2, photo A) : Diabase de couleur noir-verdâtre due à la présence du chlorite, traversé par des veinules de quartz et de calcite.

Echantillon 8 (planche 2, photo B) : dolomie quartz blanc dominant avec des veinules à calcite qui recoupe le quartz gris et blanc avec des cristaux de wollastonite.

Echantillon 14 (planche 2, photo D) : Granodiorite à feldspath (rose), quartz et ferromagnésiens (sombres) et des veinules à calcite

Echantillon 10 (planche 2, photo E, F) : dolomie oxydée avec des circulations secondaires d'oxydes et hydroxydes de fer.

Echantillon 9 (planche 2, photo G) : pélite noire graphiteuse schistosité.

Echantillon 1 (planche 2, photo J, K) : Dolomie fortement oxydée par des circulations du fer secondaire avec malachite.

### **Niveau D**

Echantillon 3 (planche 2, photo H) : veinule de calcite et dolomite rosâtres recoupant les pélites noires graphiteuses.

Echantillon 5 (planche 2, photo C) : pélite noire schistosée graphiteuse à chlorite et avec minéralisation à pyrite en veines.

## Planche 2



## **C- Observation microscopique des minerais de Tighardine**

### **1- Etude métallographique : Observation des sections polies**

#### **Niveau N+12**

SPN°20 (photo 1, 2 planche 3)

Cette section présente l'abondance de chalcopryrite avec des fissures du cuivre gris qui recourent la chalcopryrite et donc il y a un remplissage par le cuivre gris. Les minéraux observés sont : Arsénopyrite ; chalcopryrite ; cuivre gris ; sphalérite, Ag natif.

#### **Niveau D**

SPN°16C (photo 3 planche 3)

Cette section polie présente une texture de remplissage par la galène et chalcopryrite, et une texture de minerai massif de galène.

On note l'abondance de la galène puis la chalcopryrite avec quelques taches de sphalérite. Les minéraux observés sont : Chalcopryrite ; galène ; sphalérite ; pyrite.

#### **Niveau +56N**

SPN°18B (photo 4 planche 3)

La section présente une texture de remplissage par la pyrite et la chalcopryrite. On note l'abondance de la pyrite et la chalcopryrite avec de la sphalérite disséminée. Les minéraux observés sont : Chalcopryrite ; sphalérite ; pyrite.

#### **Niveau N+46**

SPN°21 (photo 5 planche 3)

Cette section présente une texture de minerai massif bréchifié avec l'abondance de la chalcopryrite et des cristaux automorphe d'arsénopyrite, parfois fracturés ; les minéraux observés sont : Arsénopyrite ; chalcopryrite ; sphalérite; pyrite.

SPN°15 (photo 6, 7, planche 3)

Cette section présente une texture de remplissage par la chalcoppyrite avec l'abondance de la sphalérite et la galène et les minéraux observés sont :

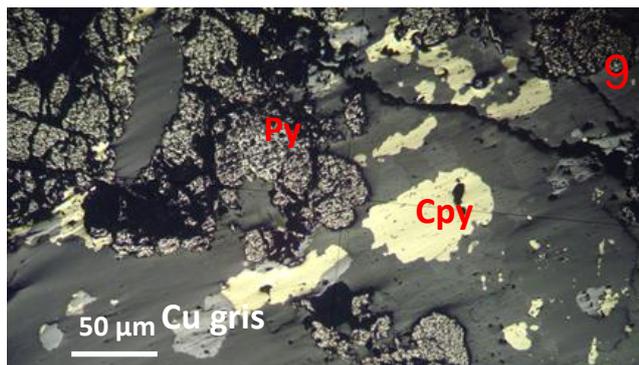
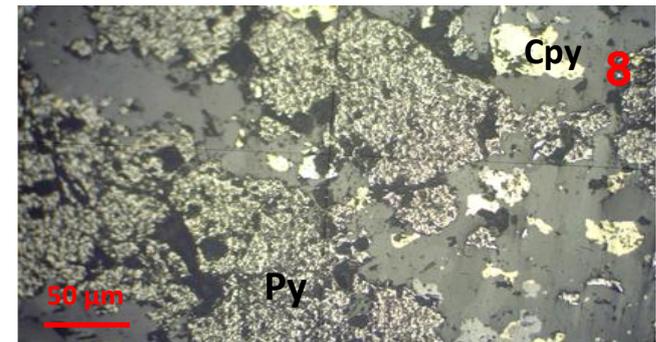
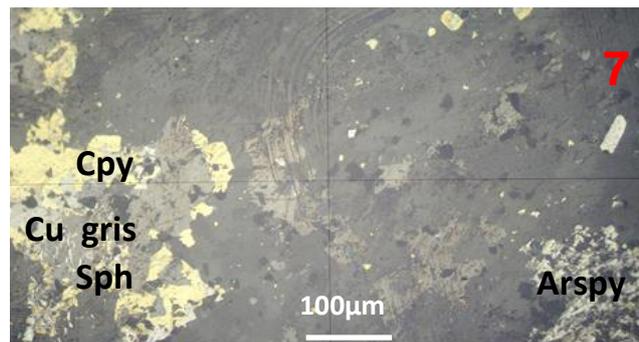
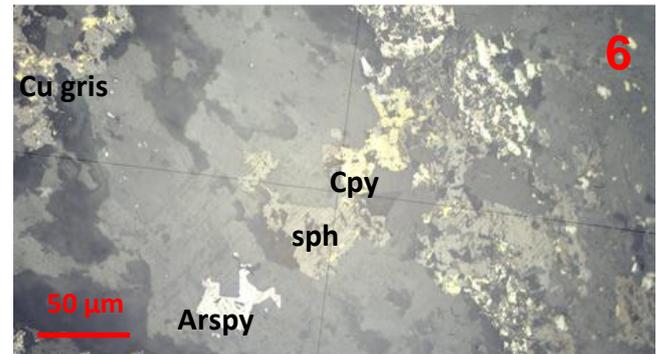
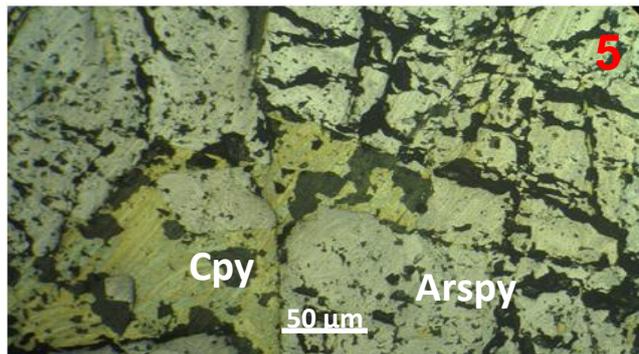
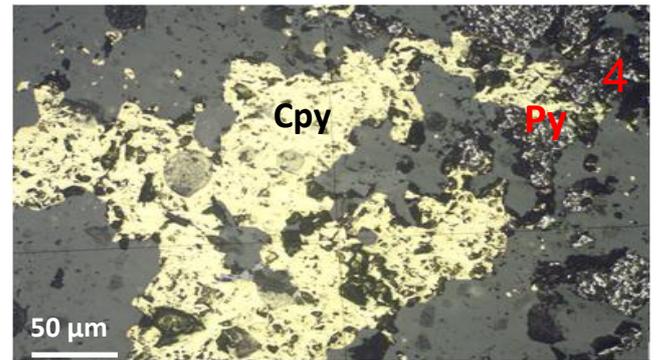
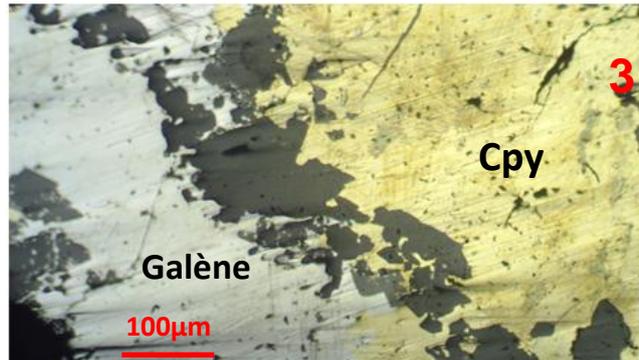
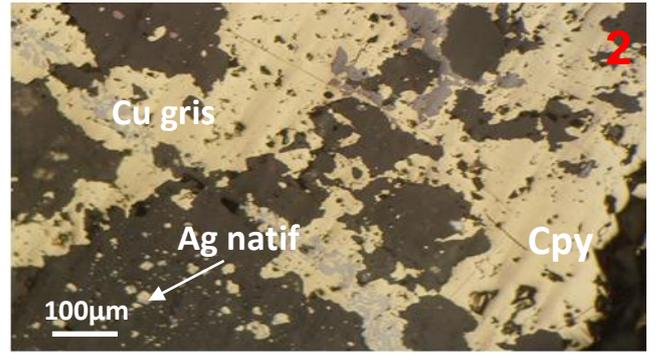
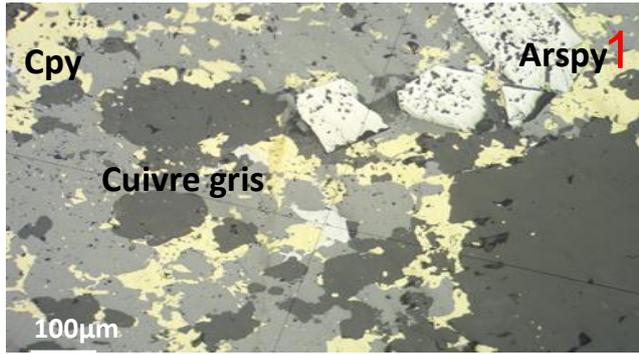
Arsénopyrite ; chalcoppyrite ; sphalérite ; cuivre gris ; galène ; marcassite par endroits.

### **Niveau +50R3**

**SPN°17 C : (photo 8, 9, planche 3)**

Cette section présente une texture relativement litée, avec des lits à chalcoppyrite dominants, alternant avec des lits à pyrite, et des fissures remplies par chalcoppyrite et qui recoupe la pyrite donc la chalcoppyrite est postérieure. Des fissures tardives à carbonates recouperont la chalcoppyrite. Les minéraux observés sont : Arsénopyrite ; chalcoppyrite ; cuivre gris ; pyrite.

### Planche 3



### Planche 3

Photo 1 : échantillon 20 Niveau +12 N

Photo 2 : échantillon 20 Niveau +12 N

Photo 3 : échantillon 16C Niveau D

Photo 4 : échantillon 18B Niveau +56N

Photo 5 : échantillon 21 Niveau +56 N R3

Photo: échantillon 15 Niveau +46 N

Photo 8 : échantillon 17C Niveau +56 N R3

9 : échantillon 17C Niveau +56 N R3

#### **Liste des abréviations :**

cpy : Chalcopyrite ; py : pyrite ; Arsénopyrite ; Cu gris :  
cuivre gris ; sph : sphalérite.

## **D-Etude microscopique de la gangue de minerais de Tighardine**

Au microscope, la photo A (planche 4) montre une lame mince faite à partir du minerai à sphalérite, elle se caractérise par l'abondance du quartz avec présence de la calcite. Elle s'agit d'un faciès silico-carbonaté. Elle présente une texture granulaire.

La figure B (planche 4) montre une lame mince faite à partir de la dolomie du fond, elle se caractérise par l'abondance du quartz avec de la dolomite. Elle s'agit d'un faciès silico-carbonaté. Elle présente une texture granulaire.

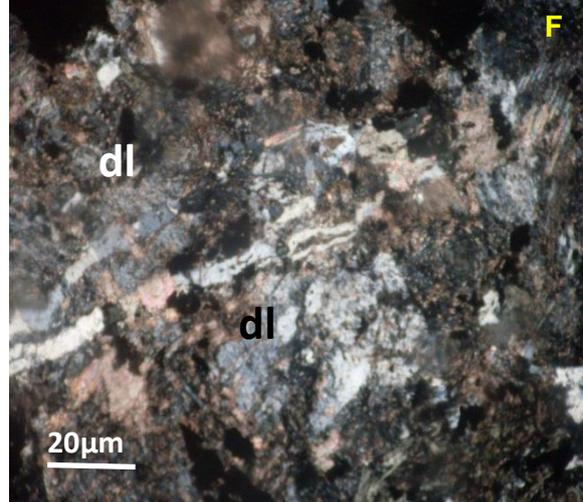
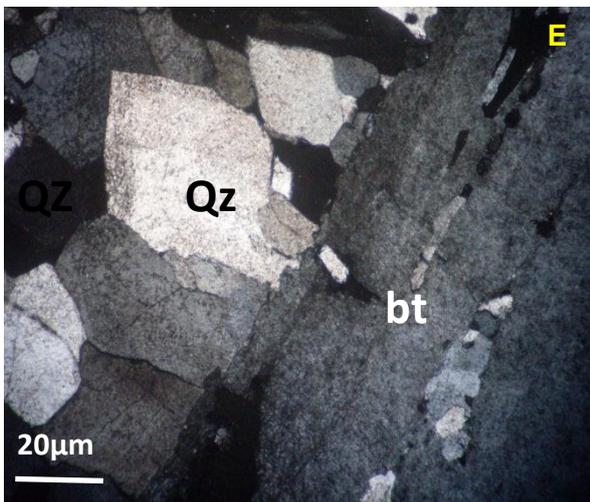
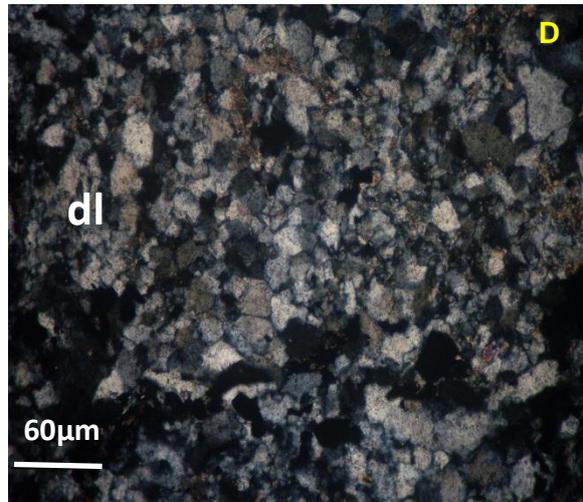
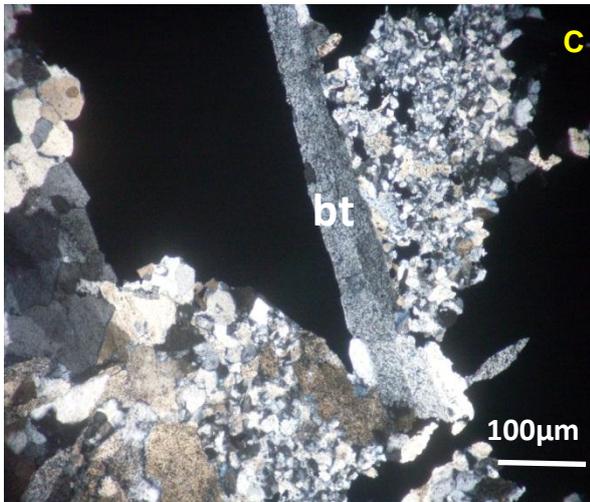
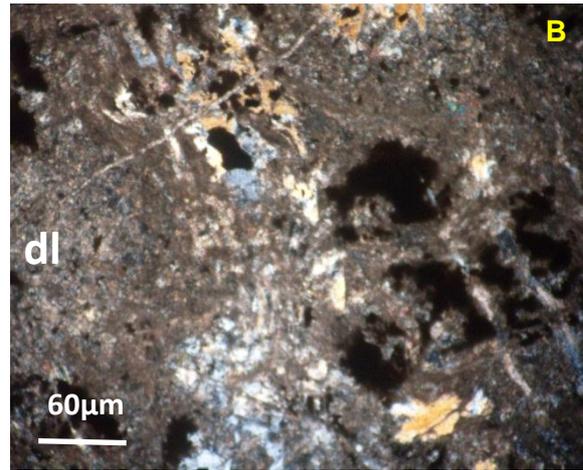
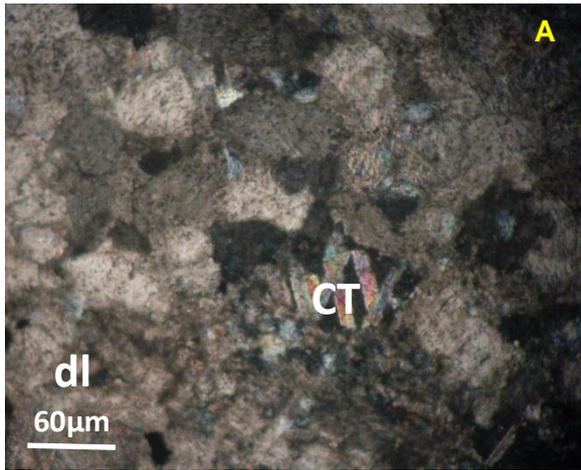
La figure C (planche 4) montre une lame mince faite à partir d'un minerai à galène et barytine elle se caractérise par l'abondance du quartz avec de la barytine. Elle s'agit d'un faciès silico-carbonaté présentant une texture finement granulaire.

La figure D (planche 4) montre une lame mince faite à partir d'un minerai à chalcopirite elle se caractérise par l'abondance du quartz et correspond à un faciès silicaté présentant une texture granulaire.

La figure E (planche 4) montre une lame mince faite à partir d'un minerai à galène et barytine, elle se caractérise par l'abondance de la barytine avec du quartz et correspond à un faciès silico-carbonaté.

La figure F (planche 4) montre une lame mince faite à partir de la dolomie du fond elle se caractérise par l'abondance du quartz avec de la dolomite et correspond à un faciès silico-carbonaté présentant une texture granulaire.

# Planche 4



## Planche 4

Photo A : minerai à sphalérite (échantillon 15).

Photo B : la dolomie du fond (échantillon 13B).

Photo C : minerai à galène et barytine (échantillon 19).

Photo D : minerai à chalcopryrite (échantillon 17A).

Photo E : minerai à galène et barytine (échantillon 16).

Photo F : la dolomie du fond (échantillon 13A).

### **Liste des abréviations :**

Ct : Calcite ; QZ : Quartz ; Dl : Dolomite ; Bt : Barytine.

## **E-conclusion de l'étude minéralogique**

L'examen microscopique des minerais montre que :

La chalcopryrite est la phase dominante des minerais de la mine de Tighardine, elle se présente sous forme de remplissage de fractures ou encore massive sous forme de larges plages. Elle se présente aussi se forme d'exsolutions au sein de la sphalérite qui présente la deuxième phase après la chalcopryrite et qu'on voit sous forme de plages isolées, parfois associées à la pyrite et la chalcopryrite. La sphalérite comporte parfois des grains de cuivre gris. La galène se présente en un minerai massif rubané et qui vient former parfois le remplissage des fractures tardives. Localement, elle se présente sous forme de plages fines disséminées dans la gangue.

Le cuivre gris se présente sous forme de plages associées à la chalcopryrite et la galène.

La pyrite et l'arsénopyrite se présentent soit sous forme de cristaux xénomorphes à automorphes soit sous forme de plages reprises par la chalcopryrite et/ou la sphalérite.

La gangue correspond au quartz gris ou blanc en cristaux automorphe et carbonates (calcite, dolomite) et la barytine.

La succession minérale est comme suit :

- **Stade précoce** : matérialisé par la précipitation de la pyrite et l'arsénopyrite.
- **Stade minéralisateur majeur** : riche en minerais de cuivre, représenté par la chalcopryrite, la galène, la sphalérite, le cuivre gris et l'argent natif qui occupent généralement les fissures et les fractures tardives affectant le quartz blanc précoce.
- **Stade tardif** : altération supergène.

Une zonalité a pu être remarquée et qui doit être vérifiée correspond à une augmentation de la quantité de la chalcopryrite en allant vers la profondeur accompagnée d'une diminution de celle de la galène avec apparition de Ag natif dans le niveau le plus profond que nous avons étudié.

## Conclusion générale

Les différentes études que nous avons menées nous ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

Le niveau D présente trois types de pélites :

Les pélites noires graphiteuse près du percement, les pélites noires non graphiteuse et les pélites grisâtres.

La minéralisation est située au contact métapélites-dolomies qui correspond respectivement au mur et toit de la minéralisation.

Le niveau D est fortement faillé avec des directions comprise entre N0-N10°E et N110-N120°E.

La succession des faciès est la suivante :

Les pélites noires graphiteuses, les pélites noires non graphiteuses, les pélites grisâtres, les dolomies, les dolérites, les rhyolites et les diabases.

La différence par rapport à la surface qu'on a étudiée par cartographie est la présence au niveau D de failles en plusieurs familles et sa richesse en graphite.

-L'examen microscopique des minerais a montré la présence d'un stade précoce à pyrite et arsénopyrite et un stade tardif avec une paragenèse dominée par les minéraux cuprifères. Ce stade tardif comporte la chalcopryrite phase dominante de la mine, la sphalérite, suivie par la galène et le cuivre gris. Ag natif a été identifiée en association avec la paragenèse cuprifère. La gangue comprend du quartz gris ou blanc, carbonates (calcite, dolomite) et barytine.

Une zonalité a été observée et reste à vérifier vu le nombre limité d'échantillons sur lesquels nous avons travaillé, elle correspondrait à une augmentation de la quantité de la chalcopryrite en allant vers la profondeur accompagnée d'une diminution de celle de la galène avec apparition de Ag natif dans le niveau le plus profond que nous avons étudié. Ces stades sont globalement en accord avec ceux décrits par Alansari et al., 2009.

-Du point de vue structural, la schistosité présente une direction principale N20-N30°E avec un pendage comprise entre 35-65° et qui peut atteindre parfois la verticalité, alors qu'on distingue deux familles majeures de failles N0-10° E et N110-N120°E avec un pendage entre 60-80° vers le NE.

En comparant les données structurales que nous avons acquises sur la zone nord de Tighardine avec celles disponibles dans la littérature sur la zone exploitée actuellement, nous remarquons (Alansari et al., 2009, Badi ,2011) que les mesures de schistosité concordent avec celles de la schistosité de flux décrite régionalement par Cornée et al., 1987 de direction NNE-SSW. D'autre part, les

failles N0-10°E concordent avec celles relevées par (Badi, 2011) de direction N15°E correspondant à un régime extensif contemporain à la sédimentation paléozoïque et responsable d'une tectonique de blocs.

## Références bibliographiques

Alansari.A, Bajddi.A, Zouhair.M, 2009 Note et Mém. Serv. Géol. Maroc, n° 530, pp.31-44. : Mise en évidence d'une évolution verticale dans la minéralogie et la typologie et la typologie des minéralisations à Cu -Zn-Pb-Ag-Ba de Tighardine : apport à l'exploration minière dans le haut atlas occidentale (Maroc).

Badi.A, 2011 : Etude Géologique et Métallogénique de la Partie Nord-Est de la mine de Tighardine (Jbel Tighardine, massif ancien de Haut Atlas, Maroc). Mém fin d'études LST GARM, Facultés des Sc et Tech. Uni FSTG, p 52.

Cornée J.J., Destombes J., Willefert S., (1987) ; Stratigraphie du paléozoïques de l'extrémité Nord -ouest du Haut Atlas occidental .Bull. Soc. Géol. Fr (8) 3 327-335.

Eddif, A., Gasquet, D., Hoepffner, C., Ait Ayad, N., (2007). Age of the Wirgane granodiorite intrusions (Western High-Atlas, Morocco): New U-Pb constraints. Jour. Afric. Earth Sc., Vol. 47, pp. 227-231.

EL ARCHI A. et al., (2004) : the Cambrian basin of the Western High Atlas (Morocco) related either to a subduction zone or a major shear zone? Journal of African Earth Sciences 39 (2004) 311-318.

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

JOUHARI A. (2001) : Magmatisme de l'Infracambrien- Cambrien et genèse des minéralisations à Au, Cu, Mo, Pb-Zn du massif hercynien du Tichka (Haut Atlas Occidental, Maroc). Thèse d'Etat, Univ. Ch. Douk. FS El Jadida.

Jenny J., Izart A., Lesage J.L., (1989) La boutonnière d'ait Tamelil, évolution tectono-sédimentaire durant le viséen et structuration du segment hercynien du Haut Atlas centrale (Maroc).Note et Mém. Serv. Géol. Maroc 332, pp 239-250.

Leblanc M. et Lancelot J, R, (1980). Interprétation géodynamique du domaine panafricain, (précambrien terminal) de l'Anti-Atlas(Maroc) à partir de données géologiques et géochronologiques. Can. Jour. Earth Sc., 17, pp. 142-155.

Laville E. (1980). Tectonique et microtectonique d'une partie du versant sud du Haut Atlas marocain (boutonnière de Skoura nappe de Toundout). Notes & Mém. Serv. géol. Maroc, 41, 285, pp. 181-184.

Labriki (1996) : Carte géologique d'amezmiz (1/100 000). Note et Mém. Serv.Géol., Maroc, n°372.

Ouanaimi H et Petit J.P., la limite sud de la chaîne hercynienne dans le Haut Atlas marocain : reconstitution d'un saillant déformé. Bull.Soc.géol.Fr 163 (1992) 63-72.

Ouazzani H., Badra L., Pouclet A., Prost A.-E. (1998). Mise en évidence d'un volcanisme d'arc néoprotérozoïque dans le Haut Atlas occidental (Maroc), C. R. Acad. Sci. Paris, série II, 327, pp. 449- 456.

Piqué. A, Michard A. (1981) : les zones structurales du Maroc hercynien Bull. Soc. Géol.,34 p.135-146

Piqué , A., Michard, A., (1989). Moroccan Hercynides: a synopsis. The Paleozoic sedimentary and tectonic evolution at the northern margin of West Africa. Amer. J. Sci. 289, 286-330 Maroc. 252

Michard A. (1976). Eléments de géologie marocaine. Notes et Mem . Serv. Géol.,

Sow. M.I (2006) : Introduction a l'étude géologique du gisement polymétallique (Cu, Pb, Zn, Ag, Au) de jbel Tighardine Cambrien inférieur du Haut Atlas occidental (Marrakech, Maroc). Mémoire DESS, Fac. Sc. Et Techniques Marrakech, 71p

Termier (1936). Etudes géologiques sur le Maroc central et le Moyen Atlas septentrional. t. 1 : Les terrains primaires et le Permo-Trias. Notes & Mém. Serv. Mines & Carte Géol. Maroc, n° 33.