



UNIVERSITE CADI AYYAD

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES GUELIZ
MARRAKECH

Département des Sciences de la Terre

Laboratoire géo ressource. Unité associée au CNRST (URAC 42)

Licence Sciences et Techniques en Géologie Appliquée aux Ressources
Minières

***ETUDE CARTOGRAPHIQUE, STRUCTURAL ET
PÉTROGRAPHIQUE DE LA PARTIE SUD DU
GISEMENT DE JBEL TIGHARDINE***

Réalisé par : Mr. SAMRA Karim

Encadré par :

FST : Mr. A. HIBTI

Professeur à la FST Marrakech

Mr. A. TOUIL

Professeur à la FST Marrakech

CMG : Mr. S. OUIROUANE

Cadre géologue (CMG)

Soutenu le Samedi 1 Mars 2014

Devant le juré :

Mr. ELGHORFI

Professeur à la FST Marrakech

Mr. S. OUIROUANE

Cadre géologue (CMG)

Mr. A. HIBTI

Professeur à la FST Marrakech

Mr. A. TOUIL

Professeur à la FST Marrakech

Dédicace

Ce mémoire est dédié à :

*Nos chers parents Samra Abdelfattah et Najat baiyer
qui nous ont supportés, soutenus, ont toujours crus en nous, et
ont mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour
que nous réussissions dans nos
études.*

*On ne saura les remercier pour tous ce qu'ils ont fait,
que dieu les récompense pour tous leur bienfaits.*

*Nos sœurs et nos frères qui nous ont encouragées durant toute
notre vie scolaire.*

*A nos ami(e)s et Collègues Pour leurs soutiens et leurs
encouragements.*

Remerciement

Le présent travail n'aurait pas pu voir la lumière sans l'aimable collaboration d'un certain nombre de personnes, qui, avec leur soutien et leur patience, ont permis d'élaborer ce modeste travail dans les meilleures conditions possibles.

Nos remerciements les plus sincères sont destinées à Monsieur Hibti, et Monsieur Touil , nos professeurs encadrants à la Faculté des Sciences et Techniques Marrakech, pour leur disponibilité et leur pertinentes corrections le long de la période de stage, veuillez, Messieurs, trouver ici l'expression de nos profondes gratitude.

Les termes nous manqueront pour exprimer nos reconnaissances les plus respectueuses à tout le personnel du service géologie, nous tenons à remercier spécialement Mr M.Outhounjite, chef de service géologie CMG, et Mr S.Ouirouane, cadre géologue pour son encadrement et sa patience le long du stage et pour leurs discussions pertinentes constructives qui ont fait enrichir notre sujet, ainsi que l'équipe de lamine de Tighardine. Veuillez bien accepter, Messieurs, de trouver ici le témoignage de nos sincères remerciements.

Nos remerciements sont destinés également Mr M.Elghorfi Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques Marrakech.

Nos remerciements sont destinés à Mr. Saidi chef de formation Géologie appliquée aux Ressources Minières (GARM) et professeur à la Faculté des Sciences et Techniques Marrakech.

Nos remerciements sont destinés également à tout le corps professoral de la Faculté des Sciences et Techniques Marrakech, Merci de nous avoir laissé profiter de vos connaissances, pour votre aide scientifique et morale le long de notre parcours universitaire.

Nous tenons à remercier également Mr.Abdelouahab KNIDIRI, responsable technique de l'atelier des lames minces à la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech, d'avoir confectionné les lames minces et les sections polies dont avait besoin pour accomplir l'étude de notre sujet.

Nous dédions nos reconnaissances les plus aimables à nos chers parents, qui avec leurs amours, leurs patiences et leurs soutiens nous ont permis d'être aujourd'hui devant vous.

Enfin, nous dédions nous remerciements à tous nos collègues, à tous nos ami(e) s et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de notre sujet de fin d'études.

Sommaire

LISTE DE FIGURES :	6
LISTE DES ABREVIATION	7
INTRODUCTION GENERALE	8
PREMIERE PARTIE: GENERALITES	11
I-CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL.....	12
1-LES DOMAINES STRUCTURAUX MAROCAINS.....	12
1-1- DOMAINE SAHARIEN.....	12
1-2-LE DOMAINE ANTI-ATLASIQUE	12
1-3-LE DOMAINE MESETIEN	12
1-4-LE DOMAINE ATLASIQUE	12
1-5-LE DOMAINE RIFAIN.....	13
2- APERÇU GENERAL SUR LE HAUT ATLAS	13
2-1- LE DOMAINE ORIENTAL :.....	14
2-2- LE DOMAINE CENTRAL.....	14
2-3-LE DOMAINE OCCIDENTAL :	15
II-CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL DU GISEMENT DE TIGHARDINE.....	16
1-SITUATION GEOGRAPHIQUE :	16
2-LE CADRE GEOLOGIQUE :	17
3-L'EVOLUTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE :	20
4-MAGMATISME :.....	22
5-TECTONIQUE :	22
6- CONTEXTE GITOLOGIQUE :.....	22
DEUXIEME PARTIE :	25
ETUDE DE L'EXTENSION SUD DE LA MINE TIGHARDINE.....	25
I.ETUDE GEOLOGIQUE	26
1-SITUATION GEOGRAPHIQUE	Erreur ! Signet non défini.
2-L'ETUDE CARTOGRAPHIQUE :	26
2-1-CARTE GEOLOGIQUE :.....	26
2-2-COUBE GEOLOGIQUE :	28
2-3-LITHOSTRATIGRAPHIE :.....	30

a) precambrien II	29
b) Paléozoïque :	30
II-ETUDES STRUCTURALE :	32
1-SCHISTOSITE :	33
2- FAILLES :	34
3-INTERPRETATIONS :	36
III-ETUDE PETROGRAPHIQUE DE L'EXTENSION SUD DU GISEMENT DE TIGHARDINE	37
1-LES PRINCIPAUX FACIES :	37
1-1-LA GRANODIORITE:	37
1-2-LES CARBONATES DOLOMITIQUES :	38
1-3-METAPELITES ET SCHISTE.....	40
1-4- LES DIABASES :	39
1 -5 - Aspect gîtologie:.....	41
Localisation de la zone minéralisée:	41
Texture de la minéralisation :	41
Minerai disséminé :	41
Minerai d'imprégnation :	41
Minerai de remobilisation :	41
Minéralogie du minerai :	42
Modèle général:	42
Conclusion et recommandations.....	48

LISTE DE FIGURES :

Fig 1 : Les domaines structuraux marocains.....	13
Fig 2 : carte géologique montre les trois domaines du haut atlas.....	14
Fig 3 : localisation géomorphologique du Jbel Tighardine.....	15
Fig4 : Situation géographique de Jbel Tighardine (Google Earth)	17
Fig 5 : Localisation de la Mine de Tighardine dans la carte structurale simplifiée du Haut Atlas occidental (Cornée et al, 1987).....	19
Fig 6 : Contexte géologique de Jbel Tighardine (d'après Eddif et al. 2000).....	19
Fig7 : colonne lithostratigraphique locale de la région de Tighardine (Alansari et al 2007).....	21
Fig 8: Carte géologique de la partie Sud de Jbel Tighardine.....	
Erreur ! Signet non défini.	
Fig9 : coupe synthétiques de la zone d'étude.....	30
Fig 10: log lithostratigraphique des données de surface.....	33
Fig 11 : Rosaces des principales plans de schistosité.....	35
Fig12 : Rosace des principales familles des failles.....	36
Fig 13: carte structurale du secteur de Tighardine (Labriki 1996)	37
Fig 14 : aspect microscopique et macroscopique de la granodiorite.....	39
Fig 15 : aspect microscopique et macroscopique des carbonates.....	40
Fig 16 : lame mince illustrant des pélite gréseux associé au quartz.....	39
Fig17 : aspect microscopique et macroscopique du diabase.....	41
Fig18 : Log lithostratigraphique de l'horizon minéralisé.....	42
Fig19: A) veinule de chalcopryrite au sein de la gangue B) cristaux de galène entourés par un assemblage de sulfures.....	44
Fig20: C) Plage de galène associé au cuivre gris et chalcopryrite D) galène dans une gangue a barytine.....	45
Fig21 : F) lame montrant l'altérations de Sericitisation et Silicification et séricitisation.....	46
Fig22 : lame illustrant une veine de Carbonate et veinule de Quartz.....	47
Fig23 : modèle général de la zone d'étude.....	48

LISTE DES ABREVIATION

Cpy : *Chalcopyrite*

Gal : *Galène*

Sph : *Sphalérite*

Cug : *Cuivre gris*

Py : *Pyrite*

Plg : *Plagioclase*

Fld : *Feldspath*

Qz : *Quartz*

Ba : *Barytine*

Mus : *Muscovite*

Chl : *Chlorite*

Sr : *Séricite*

Silic : *Silicification*

Carb : *Carbonatation*

Ox : *Oxydation*

Sul : *Sulfure*

INTRODUCTION GENERALE

Le Haut Atlas occidental marocain renferme de nombreux gîtes polymétalliques (Cu-Pb-Zn-Mo-W) et barytine. Certains sont clairement liés à des massifs granitiques tardi-hercyniens (Azegour et Tichka), les autres sans relations spatiales évidentes avec les granites affleurant mais contrôlées par des zones de cisaillement ductiles (Mines de Tighardine, d'Ifri et de Tanfite).

Le gisement polymétallique de Tighardine est l'un des gisements les plus productifs (dans le Haut Atlas occidental) de la filiale de la compagnie minière de Guemassa.

Au début des années 1970, la région de Tighardine a fait l'objet d'une exploration géologique minière, suite à laquelle fut déterminée une anomalie en barytine dont l'exploitation débute une année plus tard.

Grace à ses propriétés physico-chimiques, elle était destinée aux compagnies pétrolières qui l'utilisent au cours des travaux de forages.

Exploitée au jour puis en profondeur, la barytine montrait des traces de métaux de base qui se manifestaient de plus en plus vers l'aval.

A cause de ces derniers éléments pénalisants pour la barytine et aussi avec la baisse du cours des métaux, la mine finira par fermer en 1977 (Zemama et Lahlou, 2007).

En 2004, elle a été rachetée par la CMG qui a pu déterminer une concentration anormale en métaux de base économiquement exploitable à la suite d'une campagne de levé magnétique, combinée à des travaux de recherche dans deux galeries de traçage (Niveau D et D - 30) et à l'étude des sondages carottés réalisés le long de ces galeries.

L'objectif et méthodologie du travail :

Dans le cadre du développement de la mine, le service géologique a visé la partie sud de Jbel Tighardine pour la recherche de nouvelles réserves. Pour atteindre cet objectif, plusieurs sondages carottés ont été réalisés et ce pour chercher l'extension éventuelle de l'horizon minéralisé dans ce secteur.

Dans cette optique d'exploration, un stage de recherche au sein de la compagnie minière des Guemassa (CMG), Nous a été proposé dans le cadre de la préparation de notre projet de fin d'étude, en licence géologie appliquée aux ressources minières (GARM).

L'objectif principal de notre travail est la réalisation d'une carte géologique de la partie sud du Jbel Tighardine sur un fond topographique à l'échelle de 1/2000.

Afin d'atteindre cet objectif nous avons réalisé les travaux suivants :

Une étude cartographique de surface du secteur étudié visant à caractériser les structures minéralisées et à définir la succession lithostratigraphique ainsi de cerner les différents horizons minéralisés (morphologie, minéralogie et leur relation avec l'encaissant).

Une étude structurale visant à déterminer les structure cassantes (les failles, les fractures...) et les structures ductiles (schistosité, plis...) existants dans la zone d'étude et leur relation avec l'encaissant et de mesurer leurs directions et pendages.

Une étude minéralogique des différent faciès et des structures minéralisés dans le but d'établir l'éventuelle zonalité minéralogique des faciès et des minerais.

PREMIERE PARTIE: GENERALITES

I-CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL

1-LES DOMAINES STRUCTURAUX MAROCAINS

Au cours de son histoire géologique, le Maroc a connu plusieurs cycles orogéniques (cycles précambriens, hercynien et alpin). Ces cycles sont à l'origine de la configuration structurale actuelle du pays en cinq grands domaines structuraux (Piqué et Michard, 1989) (**Fig.1**).

1-1- DOMAINE SAHARIEN

Constitue une partie du craton ouest africain .Ce domaine est constitué de terrains d'âge protérozoïque inférieur, intensément déformés et métamorphisés durant l'orogénèse éburnéenne (2000 Ma). L'ensemble est couvert au nord par les roches paléozoïques non déformées du bassin de Tindouf.

1-2-LE DOMAINE ANTI-ATLASIQUE

Constitué d'un socle structuré par l'orogénèse panafricaine (680 et 570 Ma) (Leblanc et Lancelot, 1980). Sa couverture protérozoïque terminale et paléozoïque est affectée par une déformation hercynienne relativement modérée. La couverture mésozoïque et cénozoïque ayant une faible puissance est non déformée.

1-3-LE DOMAINE MESETIEN

Défini comme le domaine de la chaîne hercynienne. Il est recouvert en discordance par les séries mésozoïques et cénozoïques non déformées (Gentil, 1918). Il est divisé en deux parties distinctes : la meseta occidentale (Meseta Marocaine) et la meseta orientale (Meseta Oranaise).

1-4-LE DOMAINE ATLASIQUE

Allongé à travers la Meseta (Moyen Atlas) et entre la Meseta et le domaine Anti-Atlasique (Haut Atlas). Les terrains permo-mésozoïques et cénozoïques y sont structurés durant l'orogénèse atlasique (Jurassique supérieur et phases de plissements tertiaires).

1-5-LE DOMAINE RIFAIN

Représente la limite septentrionale du Maroc. Il est constitué de nappes allochtones liées à l'orogénèse alpine chevauchant le domaine mesétien. Les terrains paléozoïques sont connus dans les zones internes de la chaîne (nappes paléozoïques ou Gomarides).

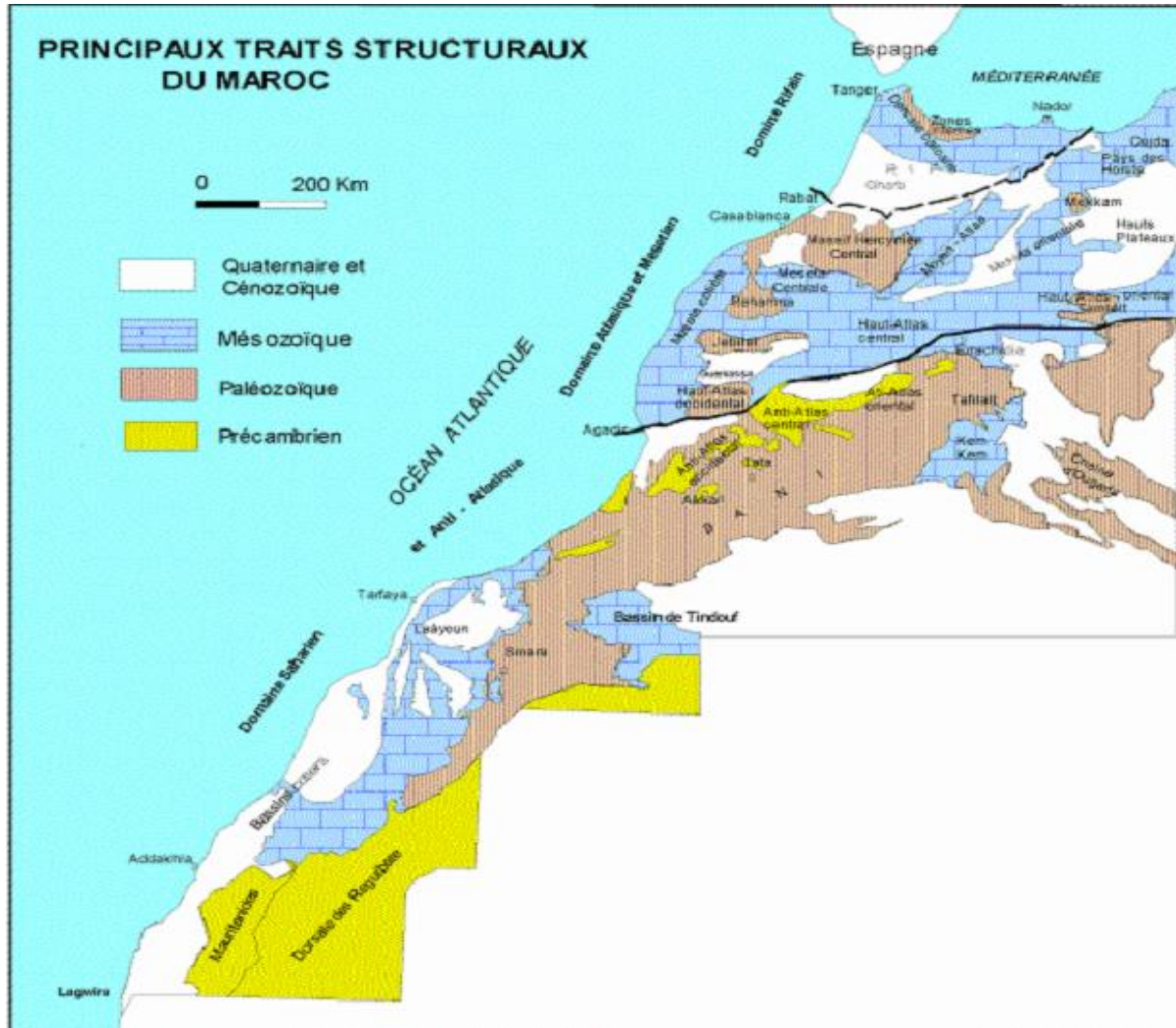


Fig 1 : Les domaines structuraux marocains

2- APERÇU GENERAL SUR LE HAUT ATLAS

Le Haut Atlas désigne un ensemble de boutonnières qui, géographiquement, s'étend sur environ 250 Km entre le couloir d'Argana à l'Est et l'ennoyage des boutonnières d'Ait Tamlil et de Skoura sous leur couverture mésozoïque à l'Ouest et 60 Km de large entre les plaines du Haouz au Nord et les dépressions du Souss et de Skoura au Sud (**Fig. 2**).

Le Haut Atlas est subdivisé en trois domaines : oriental, central et occidental.

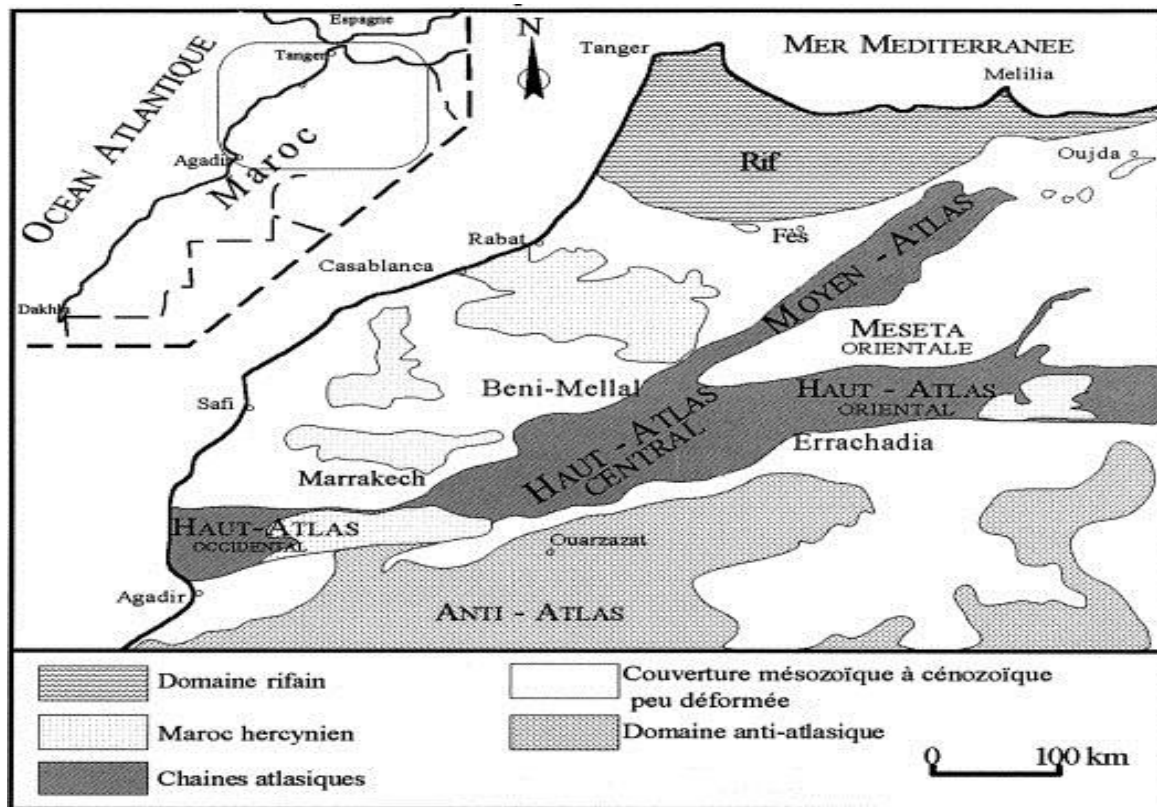


Fig 2 : carte géologique montre les trois domaines du haut atlas

2-1- LE DOMAINE ORIENTAL :

Il englobe la majeure partie des boutonnières d'Ait Tamlil, de Skoura et du secteur de Tizi'n'Tichka.

Les terrains carbonifères y sont très épais et déformés par des plis hercyniens orientés NW-SE et EW. L'élément structural majeur de cette région est constitué par la faille de Tizi'n'Test.

2-2- LE DOMAINE CENTRAL :

Il constitue un domaine tabulaire regroupant :

- Le bloc d'Ouzellarh, constitué de roches métamorphiques et de granitoïdes précambriens recouverts par les volcanites du Précambrien terminal et une série paléozoïque peu épaisse. L'ensemble est relativement déformé par l'orogénèse hercynienne.

- La partie occidentale de la boutonnière de Skoura et la partie méridionale de celle d'Ait Tamlil.

2-3-LE DOMAINE 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. C'est au niveau de cette partie occidentale du Haut Atlas, plus précisément dans le massif ancien de l'Atlas paléozoïque de Marrakech que se localise la série minéralisée de Tighardine. Sur le flanc nord du Haut Atlas de Marrakech, se succèdent le piémont du Nord au Sud, la zone des hauts plateaux et la zone axiale (Fig 3). (Piqué et Michard, 1989)

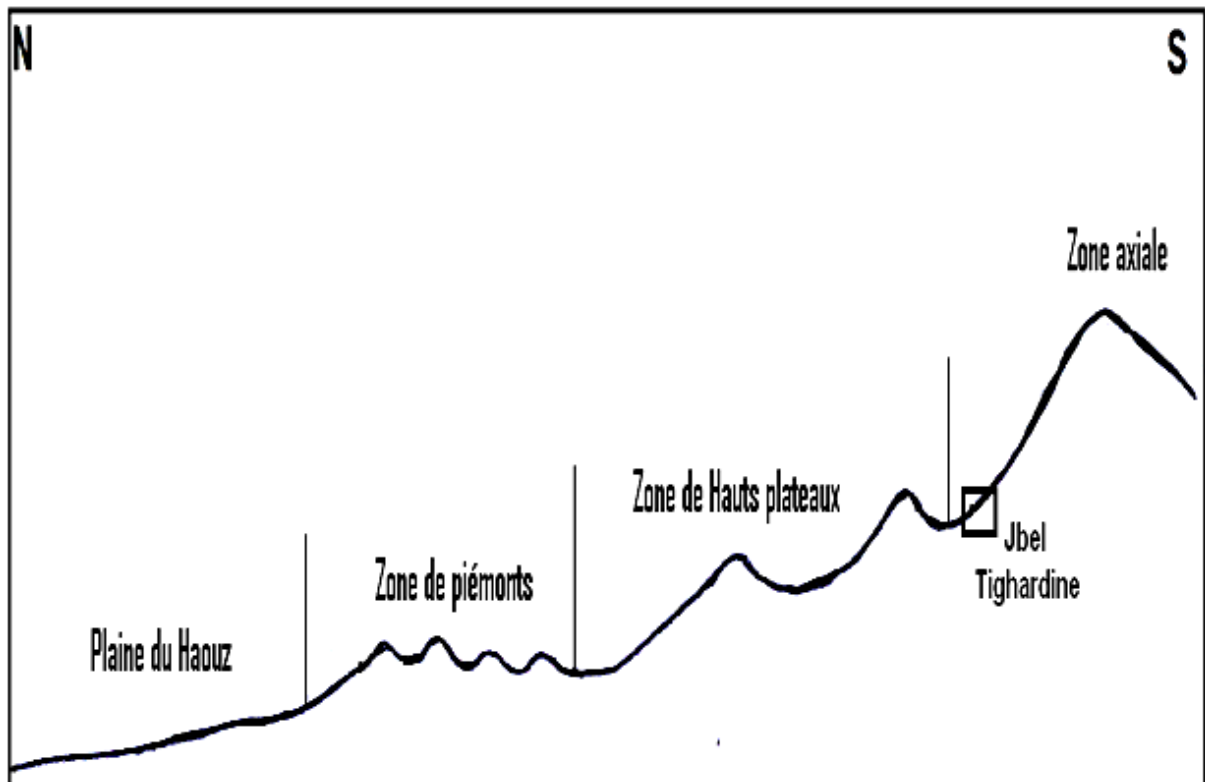


Fig 3 : localisation géomorphologique du Jbel Tighardine

II-CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL DU GISEMENT DE TIGHARDINE

1-SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Le gisement polymétallique de Tighardine est localisé dans la partie nord orientale du massif ancien du Haut Atlas occidental à environ 65 km au SSW de la ville de Marrakech sur la route de Taroudant à 21 km à l'ouest d'Asni et à 2 km au NNW de la commune rurale d'Imigdal.

Dans cette partie du Haut Atlas occidental, la topographie est généralement élevée et dominée par des terrains cristallins anciens avec une couverture souvent plissée. Plusieurs talwegs recoupent transversalement cette partie du haut atlas et dessinent des couloirs profonds qui contrastent nettement avec les reliefs environnants.

Le Jbel Tighardine qui a donné son nom à la mine, culmine une altitude de 1432 m. L'accès au site minier se fait par une piste carrossable d'environ 3 km à l'oued N'fis et à la route nationale n°203 reliant Marrakech et Agadir (Fig4).



Fig 4 : Situation géographique de la mine de Jbel Tighardine (Google Earth)

2-LE CADRE GEOLOGIQUE

Le massif ancien du Haut Atlas occidental est limité vers le sud par l'accident de Tizi n'Test, de direction $N70^\circ$, 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, Cornée et al, 1987).

Il est formé d'un socle protérozoïques et d'une série paléozoïque attribuée au cambrien (Labriki, 1996), affectée d'une déformation ductile et d'un métamorphisme épizonal. La déformation se traduit surtout par un plissement et une schistosité de flux de direction NNE-SSW (Conée et al, 1987). Cette série 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, 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 carbonatées, 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 butter sur les failles N70° à E-W, ont une faible extension (d'ordre kilométrique). Le secteur de Tighardine est caractérisé par une faille NNE-SSW, qui vient butter contre une faille E-W au nord, et contre une faille N70° au sud (**Fig.5**). A l'affleurement les minéralisations de Tighardine, à gangue essentiellement composées de barytine et de quartz, empruntent la discontinuité lithologique entre une barre de dolomite et des shales noirs.

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.

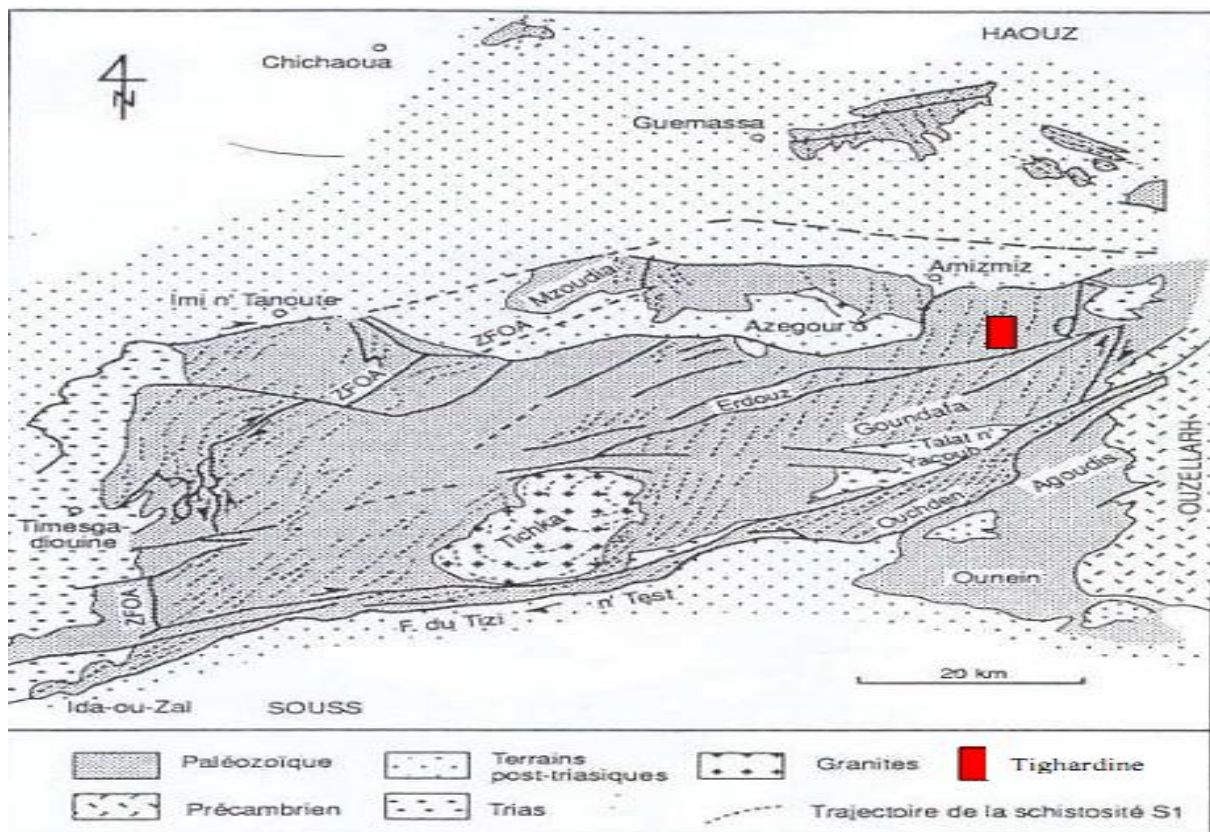


Fig 5 : Localisation de la Mine de Tighardine dans la carte structurale simplifiée du Haut Atlas occidental (Cornée et al, 1987)

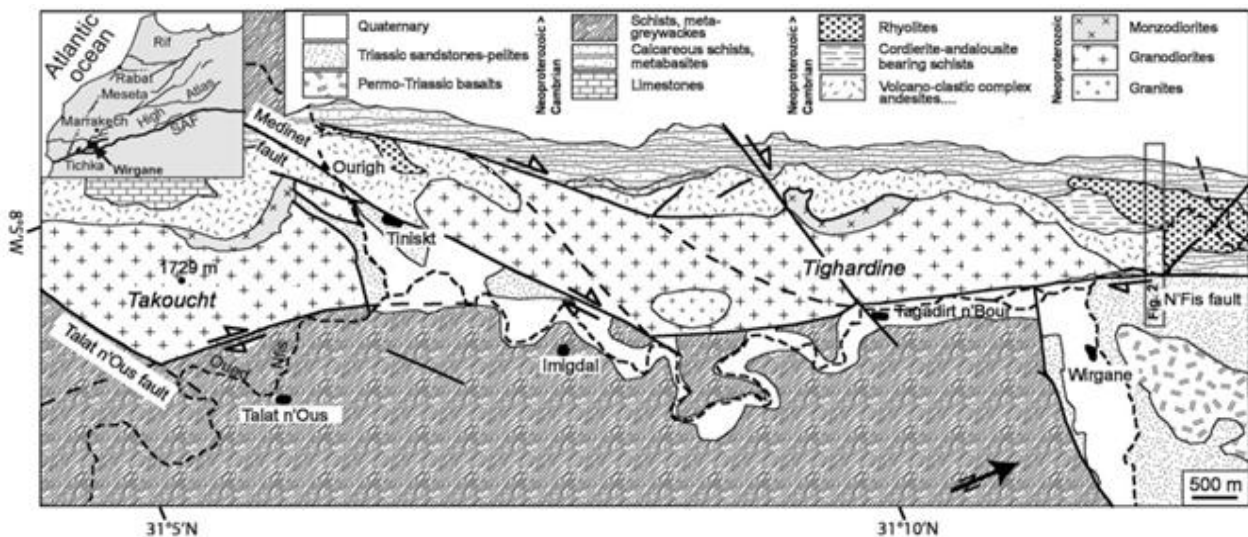


Fig. 6 : Contexte géologique de Jbel Tighardine (Eddif et al2000.)

3-L'EVOLUTION LITHOSTRATIGRAPHIQUE :

Les formations géologiques du gisement de Tighardine se composent de deux grands ensembles lithologiques, l'un ancien d'âge Précambrien II et l'autre d'âge paléozoïque inférieur. Ces deux ensembles font partie intégrante du socle paléozoïque de l'Atlas de Marrakech (Soulaïmani et al, 2007).

Le premier ensemble correspond plus ou moins au réceptacle du second et est représenté par des granitoïdes composites de Jbel Tighardine. Le second ensemble est en grande partie représenté par une série volcano-sédimentaire attribuée au Cambrien inférieur et moyen, mise en contact avec l'ensemble plutonique au moyen d'une faille orientée NE-SW. Cette faille correspond au prolongement vers l'est du grand accident d'Erdouz (Fig 5 et 6). La série cambrienne est subdivisée en trois unités (Alansari et al,2007).

✓ L'unité basale

D'une épaisseur de 250 m, elle est formée de roches détritiques fines avec des intercalations carbonatées et volcaniques. Il s'agit de pelite noirs schistosité, de niveaux carbonatés souvent transformés en skarns, d'andésites porphyriques, et de faciès rhyo-dacitique. L'ensemble des faciès contiennent des disséminations de pyrite.

✓ L'unité Médiane

Au delà des faciès qu'elle représente, elle correspond à l'unité qui encaisse la structure minéralisée à Ba-Cu-Zn-Pb-Ag. Elle se compose de black shales graphiteux et de roches carbonatées magnésiennes (dolomites) situées de part et d'autre de la minéralisation, soit respectivement le mur et le toit. Les dolomies atteignent souvent 80 m sur sondages verticaux .

✓ **L'unité sommitale**

Elle est constituée de laves volcaniques altérées de composition basique à intermédiaire localement transformées en amphibolites (Fig. 7).

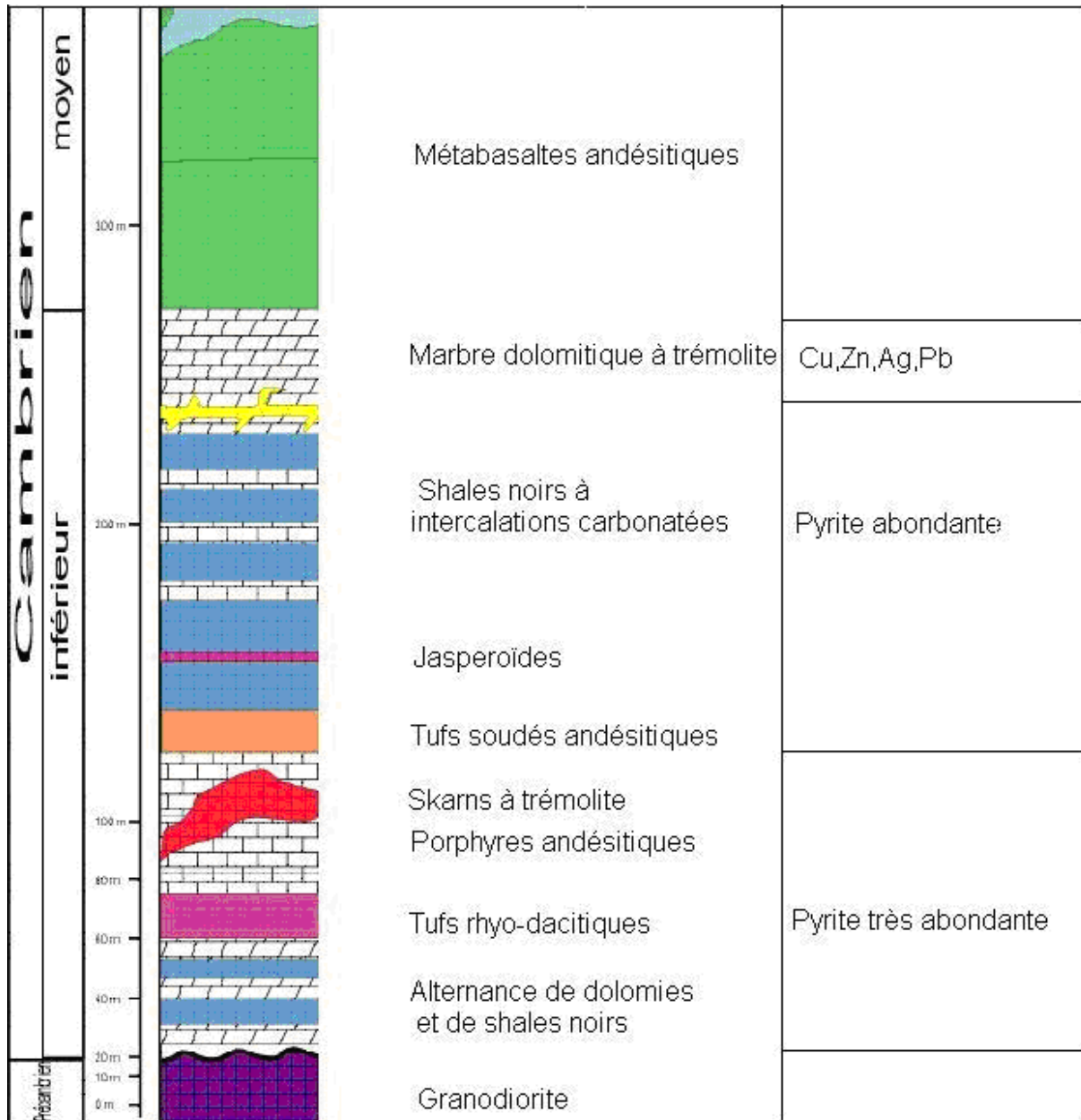


Fig 7 : colonne lithostratigraphique locale de la région de Tighardine (Alansari et al.2007)

4-MAGMATISME :

A l'exception du plutonisme précambrien, le magmatisme est essentiellement matérialisé par du volcanisme de surface et de semi profondeur survenus au cours du paléozoïque.

Dans la majorité des cas, ces roches volcaniques sont affectées par des altérations hydrothermales de type chloritisation, séricitisation, épidotisation et carbonatation. Les volcaniques de l'unité sommitale, correspondent à des basaltes similaires à ceux connus dans le Haut Atlas occidental dont la signature géochimiques permet de leur rattacher aux tholéiites continentales de bassin d'arrière-arc.

5-TECTONIQUE :

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, 2007).

La schistosité (S1) est une schistosité de flux très pénétrative qui présente une direction générale N170°E, avec un pendage de 70° vers l'ouest

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 .

6- CONTEXTE GITOLOGIQUE :

La nature du gisement de Tighardine reste encore à discuter car la zone minéralisée montre un ensemble de lentilles alignées

pénéconcordantes localement bordées par des brèches hydrauliques localisées au niveau du contact entre un horizon dolomitique et des pélites noires.

La minéralisation montre de manière incontestable une zonalité verticale le long de la structure ; cependant les limites restent à définir.

Tenant compte de ces critères morphologiques, minéralogique et textural, deux types de minéralisations polymétalliques ont été reconnus à Tighardine (A. Alansari et al, 2007).

- Des minéralisations polymétalliques à Ba-Pb-Zn-Ag dans des veines et brèches localisées au contact lithologique entre un horizon de marbres dolomitiques et des shales noirs graphiteux du mur.

Cette minéralisation a été étudiée dans les zones de traçage des galeries D et D-30.

Dans ces zones les corps minéralisés correspondent à un ensemble de fentes de tension orientées NNE-SSW à remplissage dominé par la Barytine inscrite à l'intérieur d'un couloir de cisaillement ductile de direction NE avec un pendage à 45W.

- Des minéralisations polymétalliques à Cu-Zn-Pb-Ag sans barytine encaissées dans des marbres dolomitiques à trémolite déterminé à partir de sondage carotté ont été recoupé entre D-140 et D-170.

Ces minéralisations se présentent sous divers aspects : disséminées, litées, sub-massives et en micro-stockwerks. Ces minéralisations seraient la manifestation d'un phénomène pyrométasomatique et hydrothermal.

L'effet thermique du magmatisme combiné à ces événements qui ont engendré un dépôt de minéralisation sulfurée à paragenèses dominée par la pyrite suivie par l'arsénopyrite, la chalcopyrite, sphalérite, la freibergite et de minéraux d'altération hydrothermale (dolomite ferrifère, chlorite, séricite, apatite, calcite, quartz et oxydes de titane).

Prelevant en compte ces différents arguments, la typologie du gisement peut être affiliée à deux types qui sont :

le « Structurally controlled low-temperature Pb-Zn-Ag-Ba Veins and Breccias » (Cox). Il s'agit en l'occurrence de minéralisations épigénétiques qui se localisent souvent dans une zone de contraste rhéologique (dolomie/shales noirs).

Le type carbonate remplacement deposit (C.D.R) à Cu, Pb, Zn, Ag) avec le développement des phénomènes pyrométasomatiques et hydrothermaux (Alansari et al, 2007).

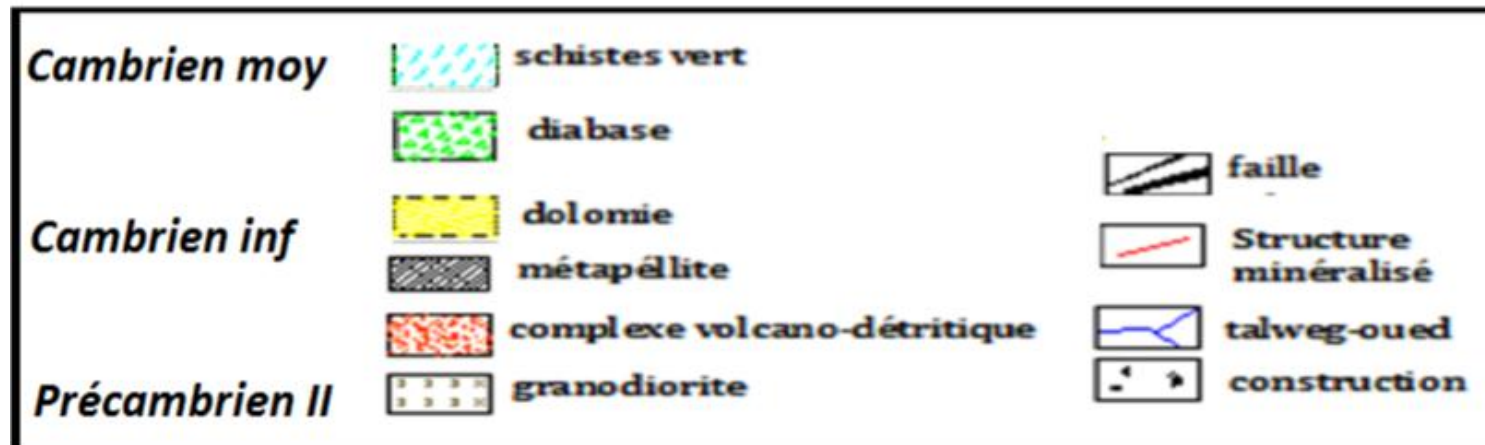
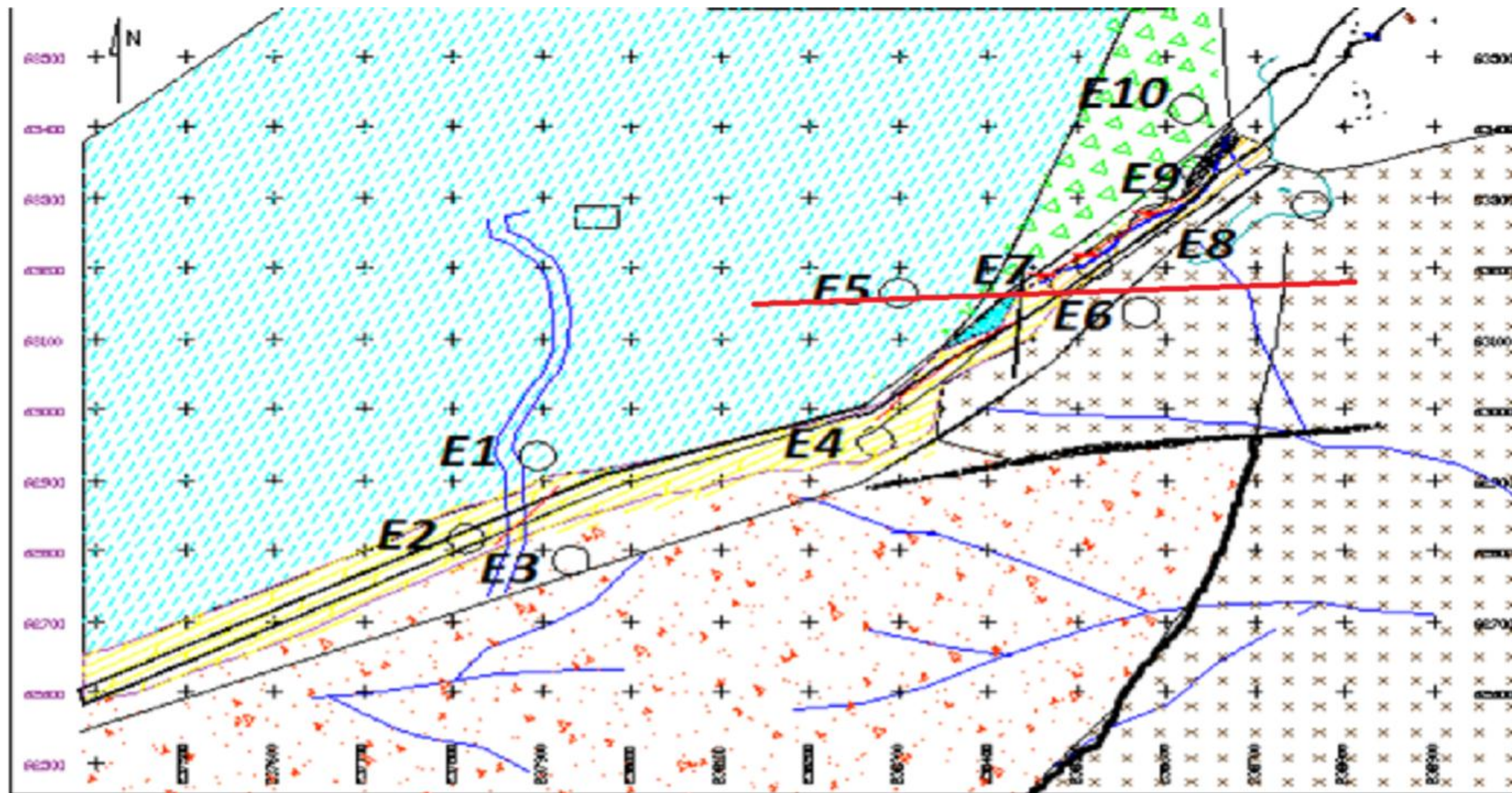
DEUXIEME PARTIE :
ETUDE DE L'EXTENSION SUD
DE LA MINE TIGHARDINE

I.ETUDE GEOLOGIQUE

1-L'ETUDE CARTOGRAPHIQUE :

Conformément à ce qui a été fixé comme objectif à ce travail, une cartographie du secteur sud de Tighardine a été réalisée. Cette carte géologique a été développée sur la base d'un fond topographique d'échelle 1/2000. Une coupe géologique synthétique a été également réalisée. (Fig9)

1-1-CARTE GEOLOGIQUE :



Echelle : 1/2000

Fig 8 : Carte géologique de la partie Sud de Jbel Tighardine

Notre travail a consisté en une étude géologique des différentes formations de la zone sud de Jbel Tighardine. Cette étude a consisté une description macroscopique et microscopique des échantillons récoltés. La cartographie de la zone étudiée permet de relever une série composée de plusieurs formations géologiques dont la base est formée par une granodiorite et un complexe volcano-détritique. Le sommet de la série est occupé par des diabases et les schistes.

Entre ces deux formations on trouve des dolomies qui sont l'hôte de la minéralisation d'après notre secteur.

A l'intérieur de ces dolomites, on trouve des filons de quartz et de barytine minéralisé en malachite .

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

De point de vue tectonique, notre zone d'étude est affectée des déformations cassantes (faille dextre) et de schistosité intensif qui variée de base vers le sommet.

1-2-COUCPE GEOLOGIQUE :

Une coupe géologique E-W a été réalisée afin de voir l'évolution et les relations entre les différences formation qui présente une structure monoclinale ayant généralement un pendage fort vers l'ouest, dont le facies dolomitique recoupé par la structure minéralisé.

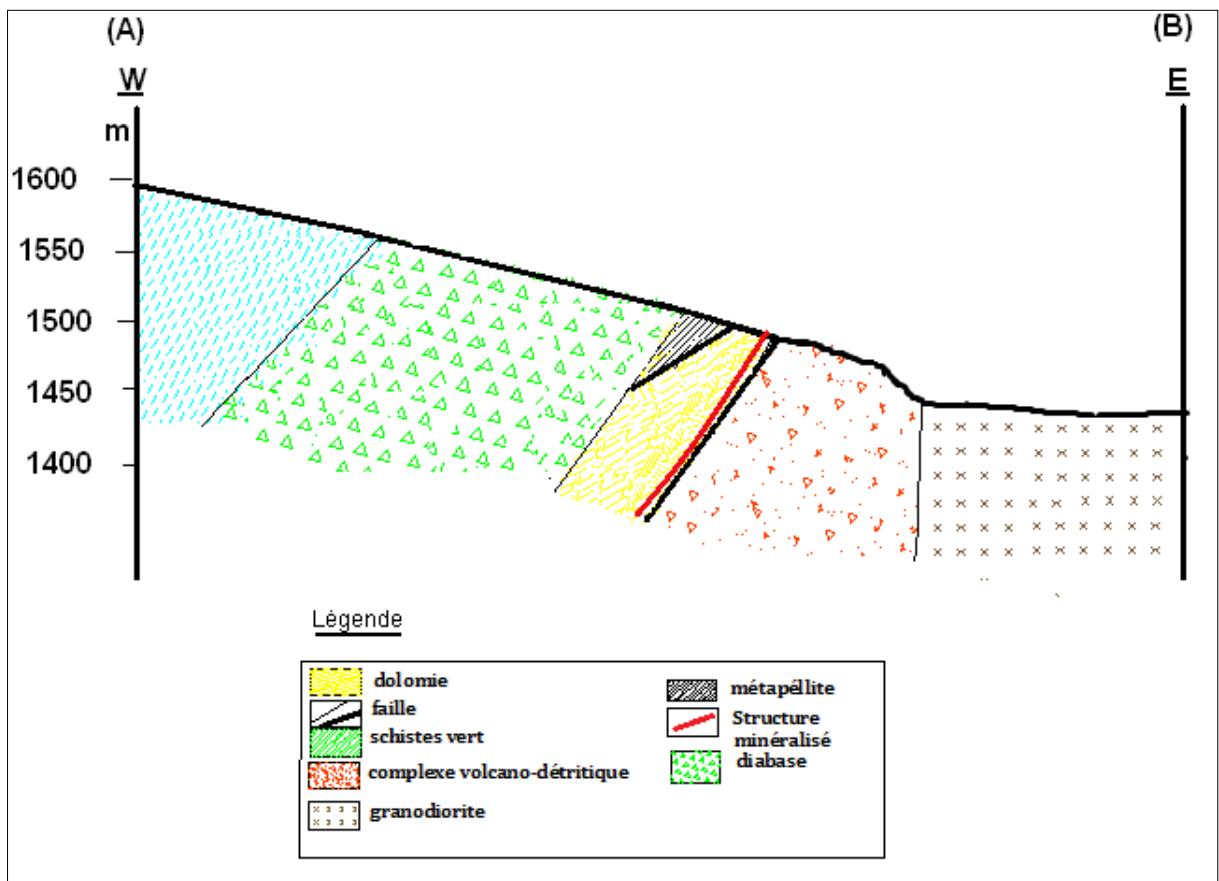


Fig 9 : coupe synthétiques réalisée dans la zone d'étude

1-3-LITHOSTRATIGRAPHIE :

A une altitude dépassant 1400 m, le gisement de Tighardine se trouve encaissé dans un ensemble lithologique d'âge paléozoïque inférieur mise en contact au moyen d'une faille verticale N45 avec un ensemble de corps plutoniques d'âge précambrien II .(Fig10)

Ces deux ensembles font partie intégrante d'un groupe de formations géologiques connu sous le nom du socle paléozoïque de Marrakech, dont le Jbel Tighardine se situe à son extrémité NE (Labriki, 1996).

a) précambrien II

Il s'étend sur une surface avec une largeur atteignant les 800 m et une longueur de 1500 m .Il est essentiellement formé par une masse de roches intrusives. Dans la zone de Tighardine, il est représenté par une granodiorite d'âge néoprotérozoïque supérieur (650 Ma) faisant partie intégrante d'un granitoïde composite.

Cette une roche grenue à travers laquelle on note le passage fréquent de multiples filons de quartz. Elle est affectée par une schistosité de direction N40, qui se développe au contact du paléozoïque. A l'affleurement, le faciès montre une couleur grise. Localement on observe dans cette granodiorite des zones à couleur brune rosâtre.

b) Paléozoïque :

Les terrains qui encaissent le gisement de Tigherdine appartiennent à l'étage inférieur de la série paléozoïque du Haut Atlas : le cambrien inférieur et moyen. Ces formations constituent l'hôte de la structure minéralisée. Il est en contact du précambrien au moyen d'une faille verticale orientée N45. Il est subdivisé en trois unités :

➤ **L'unité basale :**

Elle est formée par des roches sédimentaires et volcaniques. Elle est traversée à la base, par des filons de microgranite et quartz, des lentilles de pélite noires graphiteux. Ces faciès volcaniques sont surmontés au moyen d'un contact faillé par des carbonates sur 15 m de puissance. La faille du contact orientée N70, 80 NW, bloque brusquement ces carbonates vers le SW. Ces carbonates montrent des zones riches en sulfures dominées par la pyrite. On note dans ces carbonates la présence d'un fillon de quartz gris qui s'amincit continuellement vers l'ouest. . (Labriki 1996, modifié)

➤ **L'unité médiane**

Elle représente l'encaissant de l'horizon minéralisé encaissé entre les dolomies, et les métapélites.

- Les métapélites, correspondent aux faciès du mur de la structure minéralisée (à 1430m) avec une puissance moyenne de 10 m. Au sein de ces faciès, on note le passage d'un horizon à barytine rose d'épaisseur variable

soit plus ou moins 40 cm, orienté N45, 35 NW et la présence de faille décrochante à composante dextre ou senestre.

- Les dolomies : elles correspondent au toit de la structure minéralisée qui parfois est englobée dans les dolomies. Elles sont traversées par de nombreux filons et de nombreuses fractures stériles ou à remplissage de calcite, quartz et/ou barytine dont la forme lenticulaire et s'amincit progressivement vers le SW où la structure barytique devient intradolomitique avec une puissance pouvant atteindre 2 m.

- l'horizon minéralisé à barytine-quartz montre une forte silicification. Localement on observe des lentilles de quartz d'environ 2 m d'épaisseur et 30 m de longueur au contact de la minéralisation. . (Labriki 1996, modifié)

➤ **L'unité sommitale**

Cette unité est attribuée, au cambrien moyen. Elle est constituée à la base de roches volcaniques basiques d'environ 80 m de puissance témoignant une activité volcanique, toutes ces roches volcaniques sont représentées par les diabases porphyriques à phénocristaux de plagioclase d'environ 1 à 2 mm. A travers ces faciès, on note de multiples zones de brèches à fragments de roches volcaniques cimentées par du quartz et/ou de la calcite et des filons à épidotes. Les diabases sont surmontées par des bancs de pélites gréseuses qui évoluent immédiatement en schistes.

En outre les faciès du cambrien inférieur sont exceptionnellement riches en pyrite . Dans les diabases, on rencontre également une minéralisation pyriteuse à travers certaines fissures. (Labriki 1996, modifié)

Age	Ep(m)	Log	Lithologies	Minéralisations
Cambrien moyen	>100		Schistes	
Cambrien inférieur	80		diabase	pyrite
	15		Carbonates dolomitiques	Ba, Pb, Cu,Zn
	10		Métapélite	pyrite avec traces Cu,Zn
	30		complexe volcano détritique	
Pré cambrien II	800	 	Discordance granodiorite	

Fig 10: log lithostratigraphique des données de surface

II-ETUDES STRUCTURALE :

Le cadre géologique du secteur de Tighardine correspond à une structure monoclinale orienté N10 à N30 avec un pendage moyen de 45° vers l'Ouest.

L'étude structurale menée dans le secteur a permis de relever plusieurs éléments structuraux qui sont d'ordre locales à régionales.

1-SCHISTOSITE :

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.

La représentation de rosaces directionnelles des différentes mesures de schistosité réalisées sur la zone sud de Tighardine permet de distinguer deux directions principales de schistosité. Une schistosité (S1) dont la direction varie de N30 à N70 avec un pendage de 50° vers l'Ouest et une schistosité (S2) N150 à N160 avec un pendage de 70° vers l'Est, dont les directions de contrainte sont respectivement NW-SE et ENE-WSW (fig12). Les plans de schistosité laissent apparaître une réorientation des minéraux dans les formations du cambrien avec une intensification du Sud-Est vers le Nord-Ouest.

Dans ces schistes, la schistosité est orientée N30 à N70 avec un pendage de 50° vers l'Ouest cette direction est considérée comme étant la direction régionale de la schistosité (S1).

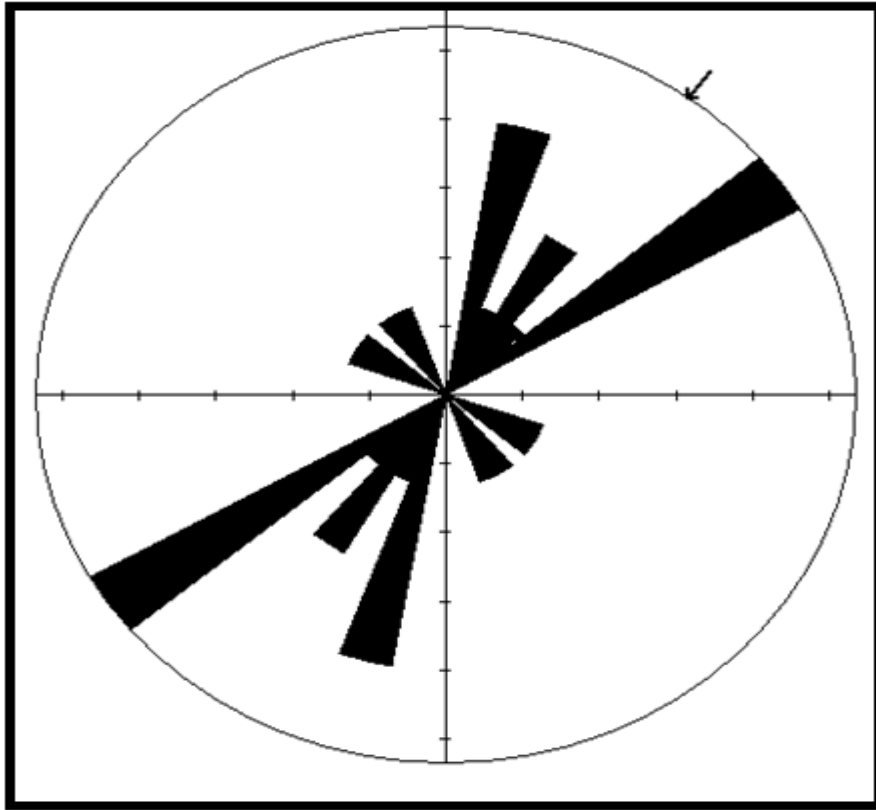


Fig 11 : Rosaces des principaux plans de schistosité

2- LES FAILLES :

Dans le secteur d'étude, des mesures de structures faillées ont été réalisées en surface. Ces mesures ont fait l'objet de traitement statistique. Les résultats obtenus, présentés sous forme de rosaces directionnelles ont permis de distinguer 2 familles de failles. (Fig12)

Ainsi on distingue :

F1= Famille 10 à 20

F2 = Famille N70

En plus de ces grandes familles on observe aussi une famille N160 à N170, faiblement représentée.

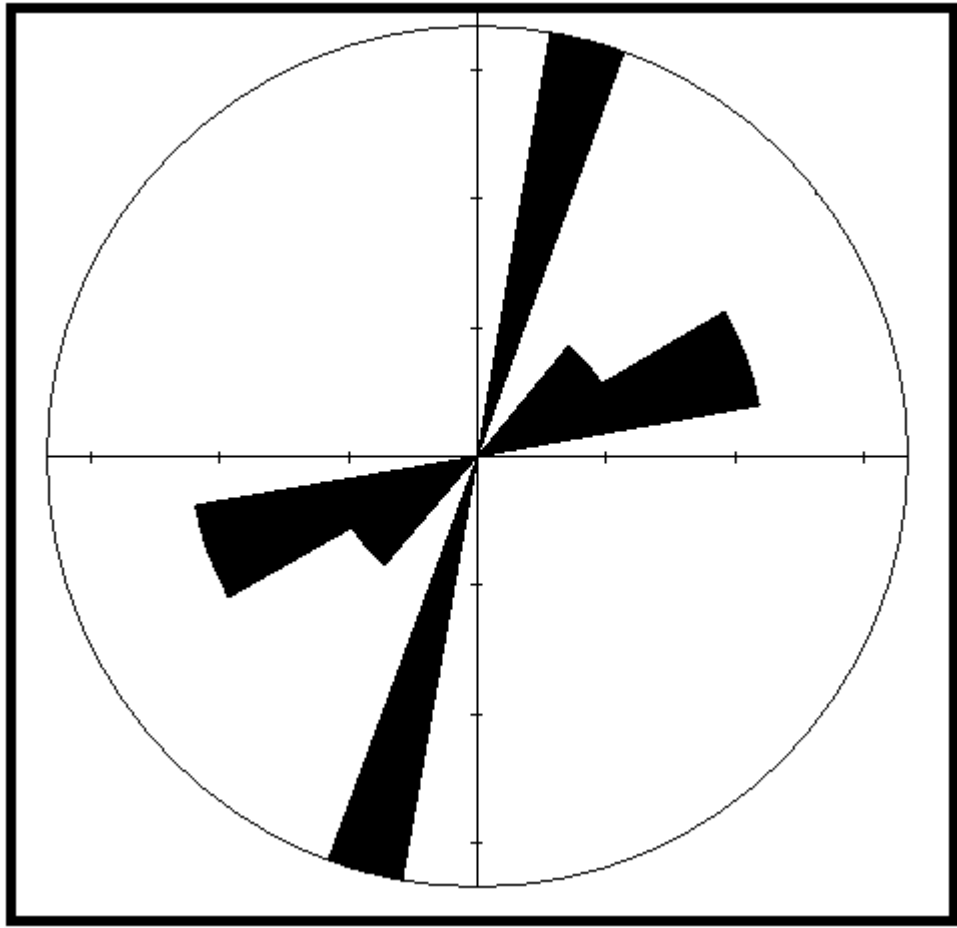


Fig 12 : Rosace des principales familles de faille

- La famille F1 (N10 à 20) :

Cette famille s'observe dans toutes les formations et peut présenter différents remplissages. On retiendra des failles d'environ 75 cm d'ouverture à remplissage hétérogène essentiellement en quartz et en carbonate.

Cette direction est associée dans la plus part des cas à des fentes de quartz, ou à des veines ou lentilles à remplissage de barytine et du quartz orientées N0 à N10 avec une ouverture variable dépassant souvent les 35 cm.

Ces structures contiennent généralement dans les altitudes élevées (1430 à 1560 m) des proportions variables de galène, sphalérite, pyrite et quelques traces de chalcopirite altérée en malachite en surface. On note généralement des bréchifications associées à ces failles.

- La famille F2 (N70) :

Cette famille paraît plus tardive par rapport aux autres.

Elles sont souvent associées à des crochons de failles montrant un jeu dextre ou senestre avec de forts pendages allant de 70° à 90°.

3-INTERPRETATIONS :

La description des différentes structures tectoniques données ci-dessus s'inscrit dans un contexte de cisaillement dont la direction et le type restent à préciser. Ceci est par ailleurs matérialisé par la présence de lentilles de barytine, de quartz, de remplissage de failles broyées etc. Les directions des familles de failles récoltées s'apparentent aux grandes structures faillées dans le secteur de Tighardine (Fig. 13). Sur cette figure, on constate une grande structure faillée orienté E-W qui apparaît tardive par rapport aux familles N10 et NE. La direction N70 est généralement apparentée à l'orogénèse atlasique.

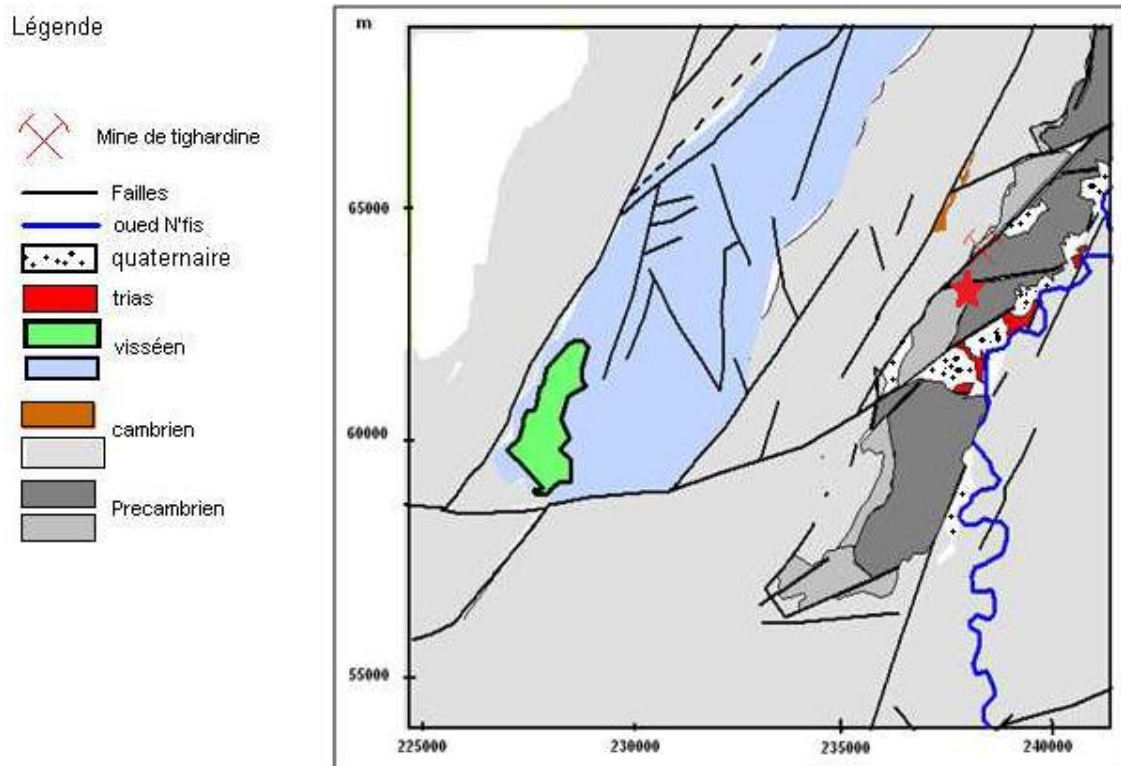


Fig 13 : carte structurale du secteur de Tighardine (Labriki 1996)

Les familles de failles citées ci-dessus sont décrites dans de nombreux travaux effectués dans le Haut Atlas. D'après (Jenny et al 1989.). Les failles NNE-SSW affectent le paléozoïque avec des plis majeurs accompagnés de schistosité de plan axial ainsi que des failles N70. Les travaux effectués par (Aarab et al, 2005) dans le paléozoïque du Haut Atlas occidental ont abouti à la détermination d'épisodes volcaniques étroitement liées à des failles à composantes normales et décrochant de directions E-W, N-S et NE-SW.

Les différentes directions de schistosité peuvent être la S1 (N30 à N40) .Il faut noter que la schistosité n'apparaît pas au voisinage du gisement.

Dans le domaine occidental du Haut Atlas, on note une déformation polyphasée synschisteuse dans les zones de cisaillement ductile à jeu dextre et orienté NNE-SSW.

III-ETUDE PETROGRAPHIQUE DE L'EXTENSION SUD DU GISEMENT DE TIGHARDINE

Cette étude a portée sur des lames minces ayant été confectionnées dans les principaux faciès caractérisant la partie sud de la mine de Tighardine.

L'analyse macroscopique des échantillons et microscopique de ces lames minces a permis de mettre en évidence quatre faciès principaux.

1-LES PRINCIPAUX FACIES :

1-1-LA GRANODIORITE:

Elle est de couleur rose avec texture grenue, Localement porphyrique à cristaux de feldspath potassique (Fig14). On observe dans certaines zones des disséminations de sulfures particulièrement la pyrite. Du point de vue microscopique, la granodiorite est constituée essentiellement du plagioclase, feldspath potassique, quartz et de

ferromagnésiens métamorphosés. Les plagioclases est la phase la plus abondant. Ces plagioclases sont localement déformés et peuvent s'altérer en donnant de la séricite et du quartz.

On observe aussi à travers le faciès des fissures et des veinules de carbonates et quartz déformées qui recourent souvent les plagioclases.

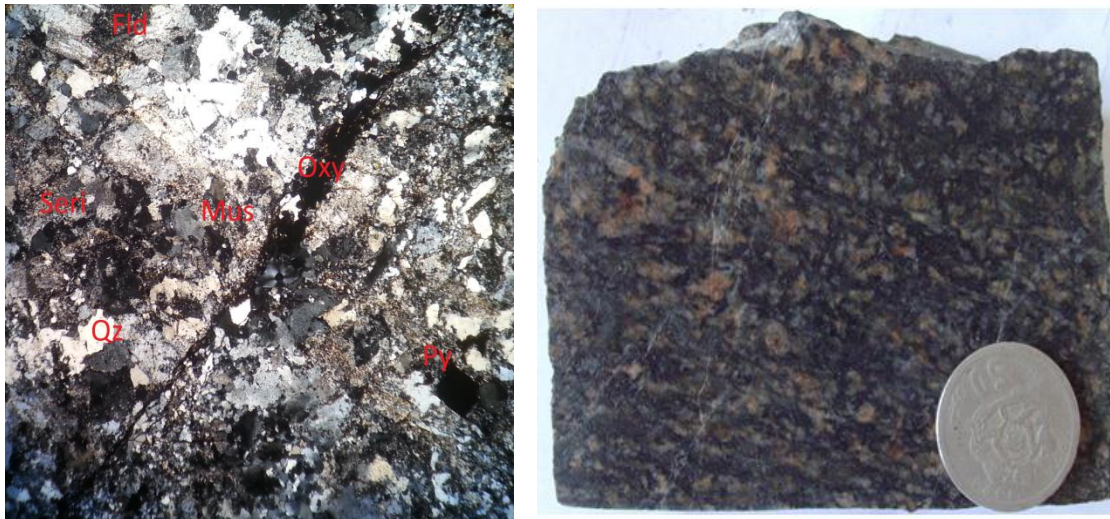


Fig 14 : aspect microscopique et macroscopique de la granodiorite

1-2-LES CARBONATES DOLOMITIQUES :

Macroscopiquement, ce sont des roches à structure massive de couleur brunâtre souvent imprégnées par le fluide minéralisateur.

A l'échelle microscopique, elles sont constituées de dolomie, quelques paillettes de muscovite, et de quartz. Elles peuvent être traversées par une oxydation.

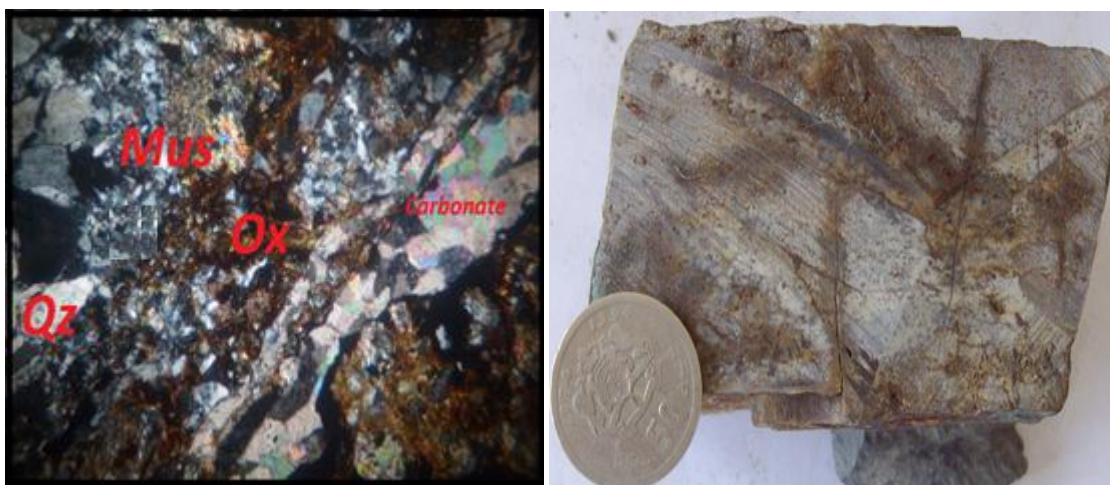


Fig 15 : aspect microscopique et macroscopique des carbonates

1-3-METAPELITES ET SCHISTE

L'examen microscopique montre que les pélites sont essentiellement formées d'un fond pélitique à séricite et muscovite associés à quelques grains de quartz.

Le quartz présent sous forme de petits cristaux arrondis. La muscovite généralement sous forme des paillettes allongées et étirées selon la direction de la schistosité (S1) les pélites sont traversées par les veinules de carbonates.



Fig 16 : lame mince illustrant des pélite gréseux associé au quartz

1-4- LES DIABASES :

Macroscopiquement, ce sont des roches grenue de couleur noirâtre-verdâtre, le plus souvent vert sombre due à la chloritisation. Elles sont traversées par des filons de quartz et des sulfures. Du point de vue microscopique, elles sont constituées essentiellement de plagioclases en phénocristaux. Dans la matrice ces plagioclases sont plus ou moins orientés et montrent souvent une altération en séricite et épidote.

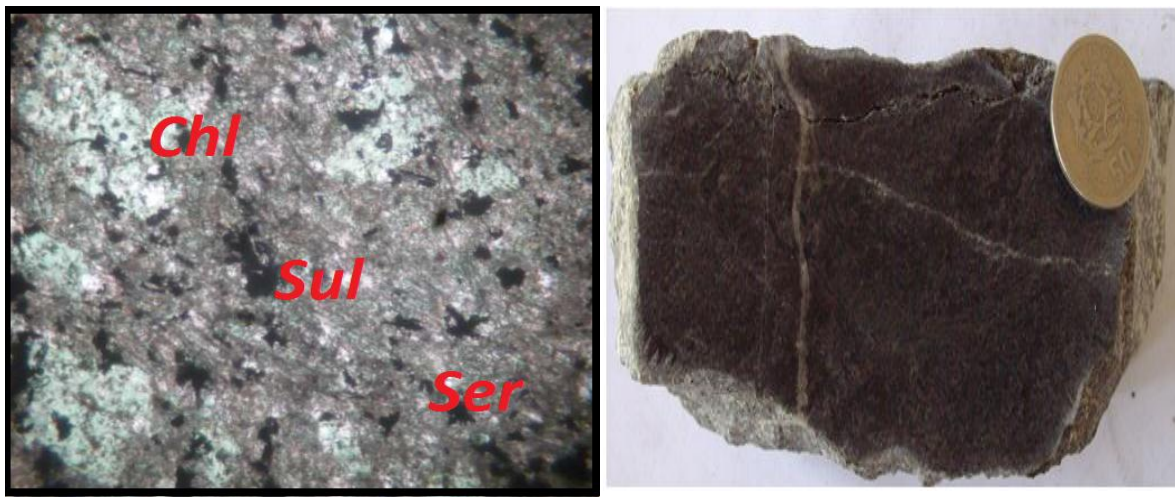


Fig 17 : aspect microscopique et macroscopique du diabase

2 - Aspect gîtologie

L'étude détaillée des faciès montre que la minéralisation polymétallique (Pb-Zn-Cu-Ag), de Tighardine est située entre les carbonates et les métapélites de base, plus précisément au contact entre le faciès dolomitique et métapélitique.

Localisation de la zone minéralisée

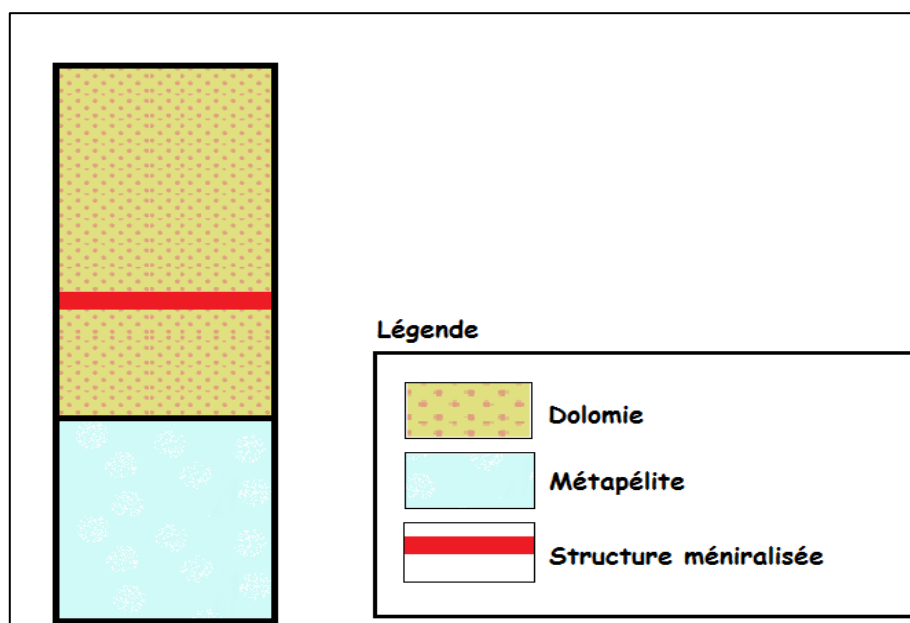


Fig18 : Log lithostratigraphique de l'horizon minéralisé

Texture de la minéralisation

L'étude texturale montre que le minerai se présente sous formes de trois types texturaux :

Minerai disséminé

Minerai d'imprégnation

Minerai de remobilisation

Minerai disséminé :

Il est représenté dans presque tous les facies sous forme de mouches de tailles millimétriques à centimétriques. Ce minerai est composé essentiellement de chalcopryrite à inclusion de sphalérite et de barytine.

La pyrite, l'arsénopyrite et la galène sont parfois disséminées et isolées dans la matrice.

Minerai d'imprégnation :

Ce type de minerai est très abondant dans le facies Carbonaté. Il se présente sous forme de remplissage des espaces entre les cristaux de dolomite.

Microscopiquement, ce facies se caractérise par la dominance de la chalcopryrite associée à l'arsénopyrite. L'analyse de détail montre que l'arsénopyrite est tardive, très fine, elle est soit isolée soit groupée.

Le cuivre gris et la pyrite sont tardifs par rapport à la chalcopryrite.

Minerai de remobilisation :

Il se présente généralement dans le facies dolomitique. Macroscopiquement la minéralisation est constituée essentiellement de chalcopryrite, de sphalérite, de pyrite, de cuivre gris et de galène. La chalcopryrite se présente sous forme de grandes plages associées à la sphalérite et à quelques reliques de pyrite.

Minéralogie du minerai :

D'après l'observation microscopique des lames polies faites à partir des échantillons pris dans les différents faciès du secteur d'étude, on a pu déduire une succession paragénétique illustrée comme suit :

La chalcopryrite : Elle se présente sous différentes formes en fonction de type de minerai, elle est présente comme produit de remplissage des vides et des fissures ou encore massive sous forme de larges plages. Elle se présente aussi se forme d'exsolutions au sein de la sphalérite.

La pyrite : Elle constitue avec la sphalérite un assemblage associé à la chalcopryrite. Généralement, elle se présente en reliques tardives.

La sphalérite : Ce minéral n'a été reconnu qu'au microscope. Les observations montrent que ce dernier est presque toujours en inclusion dans la chalcopryrite

L'arsénopyrite : Il s'agit de cristaux groupés ou isolés, faiblement représentés.

Le cuivre gris : Il représente un stade tardif. Généralement, il a été observé en association avec la chalcopryrite.

La galène : Se présente en un minerai massif qui vient former parfois le remplissage des fractures tardives, elle se présente sous forme de plages fines disséminées dans la gangue .

La barytine : Elle est associée également au quartz blanc ou gris. Elle présente une texture allongée.

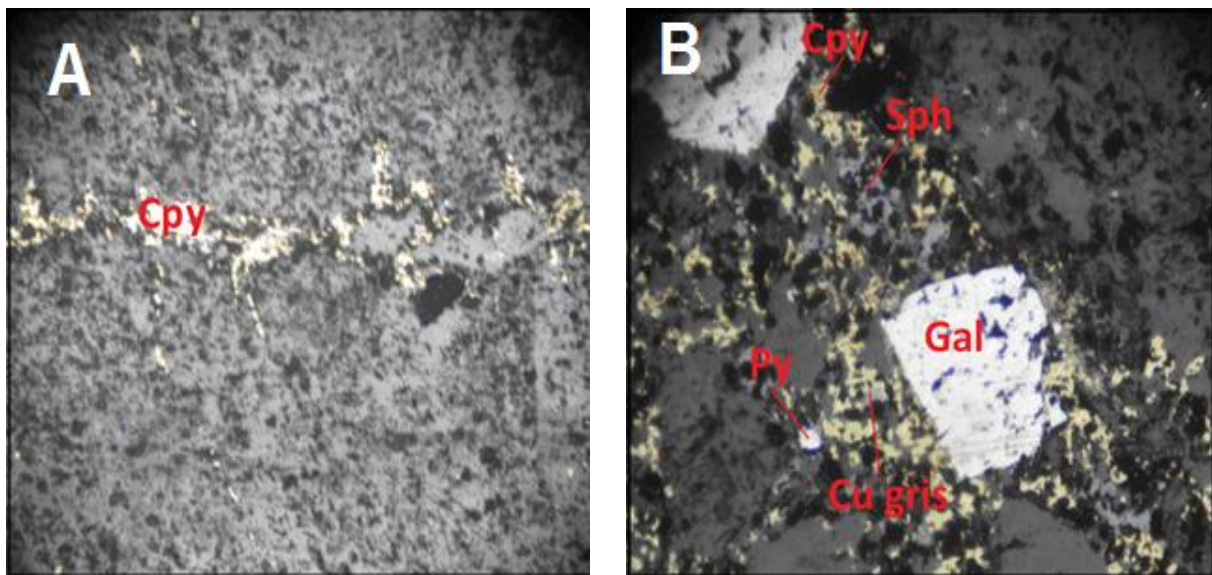


Fig19 : A) veinule de chalcopyrite au sein de la gangue B) cristaux de galène entouré par un assemblage de sulfure

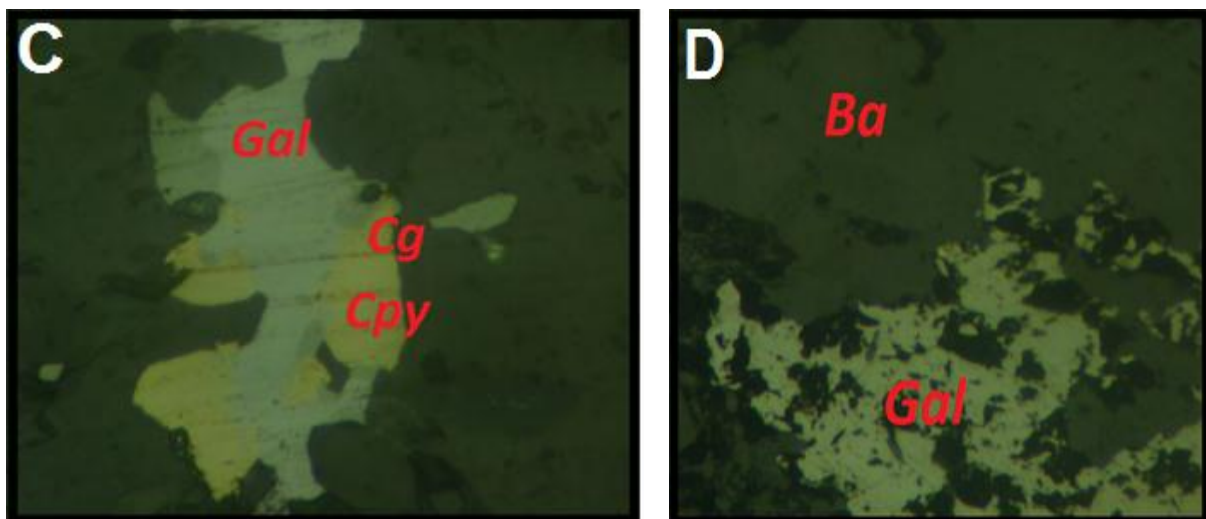


Fig20 : C) Plage de galène associée au cuivre gris et chalcopyrite D) galène dans une gangue a barytine

La succession paragénitique permet de relever deux stades hydrothermaux :

- Un stade précoce : représenté essentiellement par le dépôt de la chalcopyrite, la sphalérite et la pyrite (en traces).
- Un stade tardif : représenté par la galène, la sphalérite, la pyrite, le cuivre gris et l'arsénopyrite et même par la chalcopyrite.

Tableau2: succession paragénitique relevée dans le secteur étudié

Métaux	Stade précoce	Stade tardif
Chalcopyrite	—————	—————
Sphalérite	—————	—————
Arsénopyrite		—————
Pyrite	—————	—————
Cuivre gris		—————
galene	—————	—————

Altérations :

C'est une Modification des propriétés physico-chimiques des minéraux, et donc des roches, par les agents atmosphériques, les eaux souterraines et les eaux thermales (altération hydrothermale). Elle dépend en particulier du climat, de la température des eaux, de la nature des roches et de leur degré de fracturation.

Dans notre secteur d'étude, plusieurs types d'altérations ont été reconnus : la chloritisation, la séricitisation, la silicification, la carbonatation, et l'oxydation.

1- La chloritisation :

Ce type d'altération est matérialisé par l'abondance de chlorite. Cette dernière a été observée au niveau du faciès pélitique, mais elle caractérise particulièrement les diabases.

A ce niveau la chloritisation est maximale. Les roches sont complètement transformées, la chlorite représenté le minéral dominant.

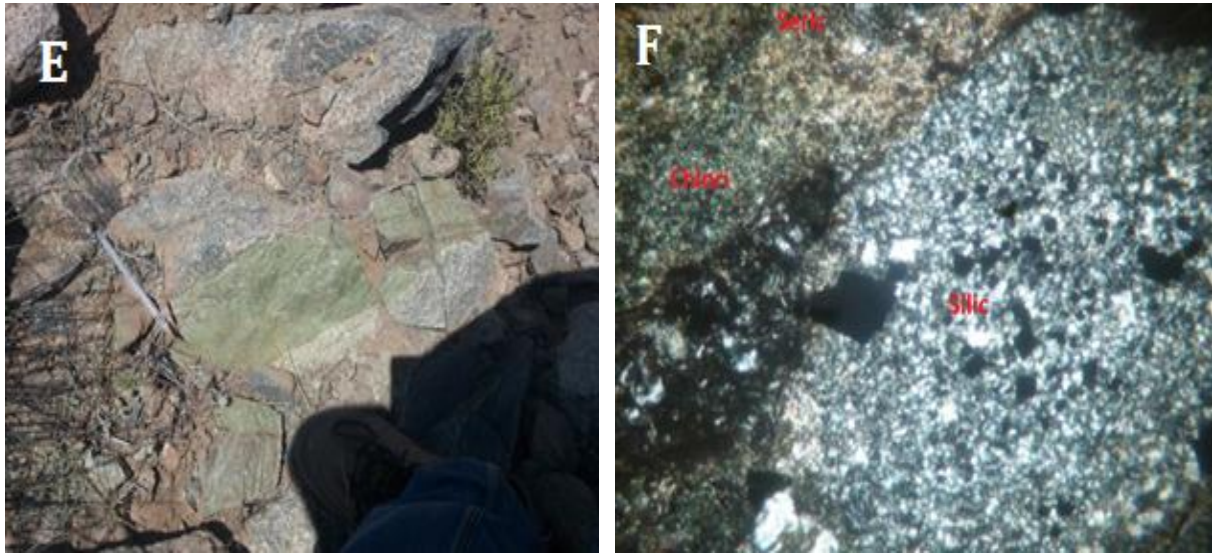


Fig21: E) filon de l'épidote F) lame montrant l'altérations de Séricitisation et Silicification et chloritisation.

2- La silicification

C'est l'altération qui caractérise tous les faciès étudiés. Elle se traduit par abondance des grains de quartz à taille fine.

3- La séricitisation

C'est une altération importante qui se présente dans la majorité des échantillons étudiés. Elle apparait aussi bien au niveau des diabases qu'au toit de la minéralisation.

4- La carbonatation

Cette altération est présente dans presque tous les faciès. Elle se matérialise par des plages plus ou moins grandes de carbonates ainsi que par le remplissage carbonaté des veines et des veinules.

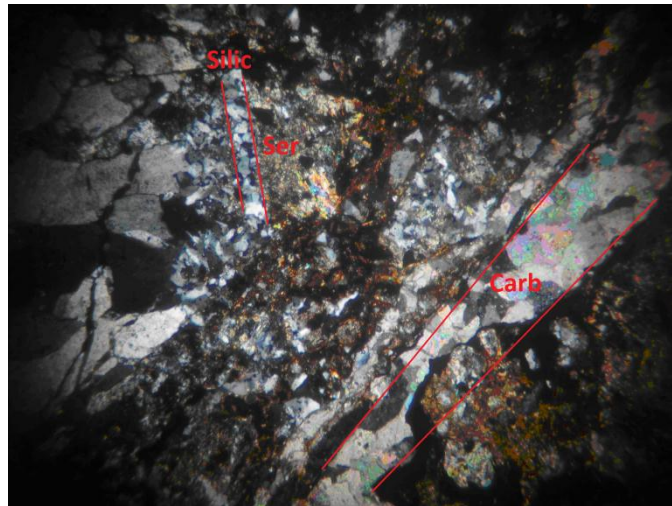


Fig22 : lame illustrant une veine de carbonate et veinule de Quartz.

3-MODELE GENERAL :

Le modèle général 3D réalisé par mapinfo (Fig23), permet de retenir les points suivants :

- La morphologie lenticulaire de la minéralisation qui s'allonge vers le sud selon une direction N60, avec un pendage subvertical .
- L'horizon minéralisé à gangue quartzique et barytique est porté par les dolomies.
- Le mur de la structure minéralisé est composé d'une série volcano_sedimentaire et une granodiorite a pyrite. Le toit contient des diabases à pyrite et des schistes.
- Le contrôle structural en liaison avec le fonctionnement d'une faille qui donne naissance à un décrochement dextre.
- Une forte silicification associée à la structure minéralisée et le complexe volcano_sedimentaire.

NE

SW

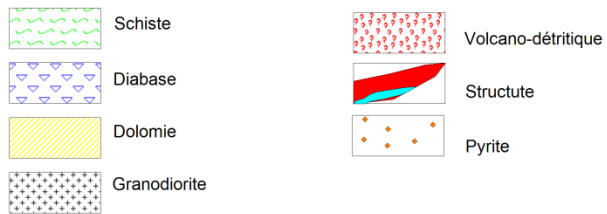
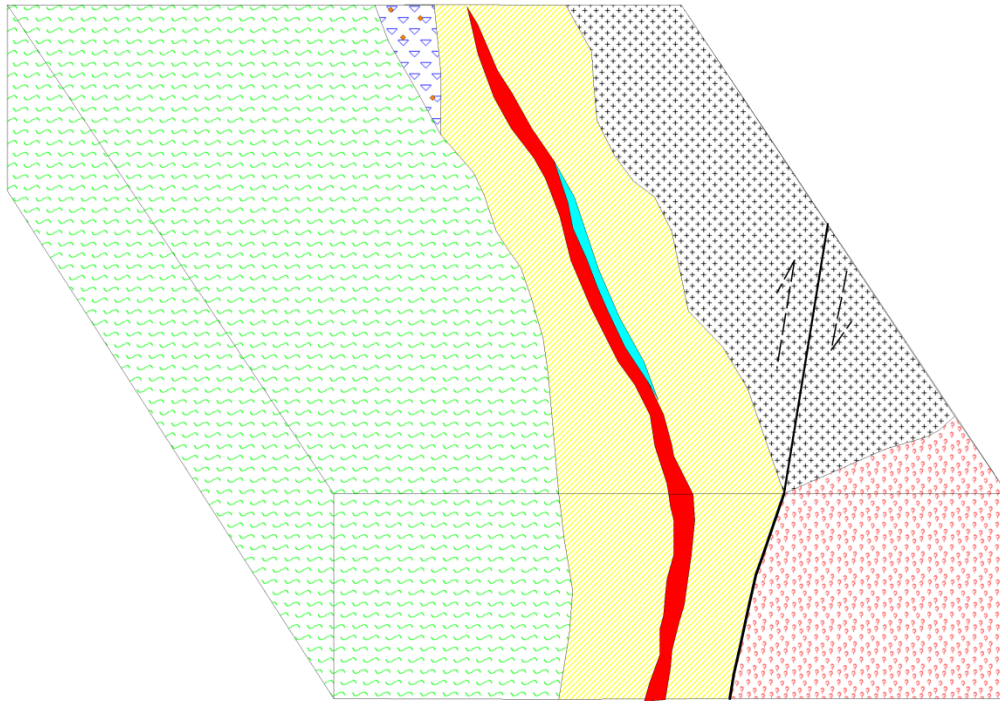


Fig23 : modèle général de la zone d'étude

Conclusion et recommandations

La cartographie réalisée dans le secteur sud de Tigherdine permet de définir une succession lithostratigraphique formée de carbonates, les schistes péliteux, les métapélites gréseux, les diabases et les tufs volcaniques.

Du point de vue structural, la schistosité présente une direction principale N10-N20 avec un pendage comprise entre 35-65° et qui peut atteindre parfois la verticalité, alors qu'on distingue deux familles majeures de failles N10-20 E et N160 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 que les mesures de schistosité concordent avec celles de la schistosité de flux décrite régionalement par Cornée et al, (1987) direction NNE-SSW. D'autre part, les failles N0-10°E concordent avec celles de direction N15°E correspondant à un régime extensif contemporain à la sédimentation paléozoïque et responsable d'une tectonique de blocs.

L'étude métallographique a décelé différents stades de genèse des phases minéralisées, on distingue le stade précoce matérialisé par une abondance de la chalcopryrite, suivit d'un stade tardif dominé surtout par la formation de la galène, la pyrite, la sphalérite, le cuivre gris et l'arsénopyrite.

La gangue comprend du quartz gris ou blanc, des carbonates (calcite, dolomite) et de la barytine.

Les altérations les plus abondantes sont la silicification, la chloritisation, la séricitisation et l'oxydation.

Ces dernières affectent le plus souvent les diabases du fait de leur richesse en ferromagnésiens et leur sensibilité élevée aux variations de conditions physico-chimique.

Références bibliographiques

ALANSARIA, BAJDDI .A, ZOUHAIR .M (2008) : La mise en évidence d'une évolution vertical dans la mineralogy et la typologie des minéralisations a Cu-Zn-Pb-Ag-Ba de Tighardine : apport à l'exploration minière dans le haut atlas occidental (Maroc).

BADRA L., POUCKET A., PROST A.E & TOURAY J.C(1992) : Mise en évidence d'une extension intra-plaque tardi-panafricaine d'intérêt métallogénique dans le Haut Atlas occidental (Maroc) .C.R.Acad. Sci .Paris, II, 314, pp. 703-709.

CORNEE J-J., FERRANDINI J., MULLER J., SIMON B. (1987): Le Haut Atlas occidental paléozoïque : un graben cambrien moyen entre deux décrochements dextres N°60E hercynien (Maroc). C.R.Acad. Sci .Paris,série II, 305, pp. 499-503.

EDDIF A., GASQUET D., HOEPFFNER C., AIT AYAD N. (2000) : Les intrusions de Wirgane(Haut Atlas occidental, Maroc) : témoins d'un magmatisme syn à tardicinématique hercynien , J.Afr.Earth Sci.31,pp.483-498.

EDDIF A.,GASQUET D.,HOEPFFNER C.,LEVRESSE G.(2007) :Age of the Wirgane granodiorites intrusions (Western High Atlas,Morocco) :New U-Pb constraints,J.Afr.Earth Sci., 47,227-231.

EI ARCHI A., EL HOUICHA M.,JOUHARI A., BOUABDELLI M.(2004) : Is the Basin of the Western High Atlas(Morocco) related either to a subduction zone or a major shear zone ?, Journal of African Earth Sciences, 39, pp.695-705.

JOUHARI A., EL ARCHI A.,(2001) :Géochimie et cadre géodynamique du volcanisme néoprotérozoïque terminal (vendien) du Haut Atlas occidental, Maroc, Journal of African Earth Sciences,32, pp,. 695-705.

LABRIKI M. (1996): Notes et Mém.Serv.Géol., Maroc, n°372.

OUANAIMI H., PETIT J.P (1992) : La limite sud de la chaîne hercynienne dans le Haut

Atlas marocain : reconstitution d'un saillant non déformé, Bull. Soc. Géol. France, 163, pp.63-72.

OUAZZANI H., POUCKET A., BADRA L., PROST A. (2001) : Le volcanisme d'arc du massif ancien de l'ouest du Haut Atlas occidental (Maroc), un témoins de la convergence de la branche occidentale de l'océan panafricain, Bull. Soc.Géol. France, 172, pp. 587-602.

PIQUE A. 1994 : Géologie du Maroc – les domaines régionaux et leur évolution structurale

PIQUE et al. 1995 : A comparaison of The Neoproterozoic /Lower Paleozoic lithostratigraphy Of Morocco and Westearn Iberia Geodynamic interprétations.

SCOTESE and BARRETT, (1990): Gondwana's movement over the South pole during the Palaeozoic: evidence from lithological indicators of climate, in W.S. McKerrow and C. R. Scotese, eds., Paleozoic Biogeography and Paleogeography,

Geological Society of London, Memoir 12, pp. 75-86.

SHEAR J. (1964): Volcanisme cambrien dans le massif ancien du Haut Atlas occidental, C.R. Acad. SCI. Paris, 258, pp. 2114-2117.

Soulaimani A., Piqué A., Hoepffner C., Bouabdelli M., Laville E., Amrhar M. et Chalouan A. (2007), Géologie du Maroc. Edition Géode, Collection Terre et Patrimoine, Série manuels ; P 22,123-130.

Site web:

http://maps.google.fr/maps?hl=fr&cp=7&gs_id=z&xhr=t&q=google+traduction&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.,cf.osb&biw=1366&bih=677&um=1&ie=UTF-8&sa=X&ei=DD iT-2KG4Xb8APxk jUDg&sqi=2&ved=0CFIQ AUoAg