



**LABORATOIRE
GEORESSOURCES -
URAC 42**

**Mémoire de stage de fin d'études
Licence Géologie Appliquée aux
Ressources Minières
LST-GARM**

**ETUDE CARTOGRAPHIQUE,
PETROGRAPHIQUE ET
METALLOGENIQUE DE LA
REGION DE 'TAGUELGUIZT'
EXTREME EST
D'AGOIJGAL**



2015

Réalisé par :

- DIK Younes

Encadré par :

**- Mr LACHHAB Khalid : AGM
Managem Group**

**- Mme ESSARRAJ Samira : FST
Marrakech**

**Soutenu publiquement le : Vendredi
20 Février 2015**

Devant le jury :

- Mme ESSARRAJ Samira

- Mr SAIDI Abdellatif

SOMMAIRE :

○ CHAPITRE I : Généralités :

❖ **Présentation du site d'étude et but du travail**

❖ **Historique**

1. Mine Aurifère d'Akka

2. Le gisement cuprifère d'Agoujgal

❖ **Présentation du projet**

❖ **Situation géographique**

❖ **Cadre géologique**

1. Cadre régional de l'Anti-Atlas

2. La boutonnière de Kerdous

3. La géologie d'Agoujgal (D'après le rapport synthétique réalisée par Managem) :

⇒ Le précambrien I (PI)

⇒ Le Protérozoïque terminal ou la couverture Adoudounienne :

a. Série de base

b. Dolomie de tamjout

c. Grès dolomitique

d. Calcaire Inférieur

❖ **Etude structurale et tectonique d'Agoujgal**

1. Déformation ductile

2. Déformation cassante

i. Famille EW

ii. Famille NS

iii. Famille NE

○ CHAPITRE II : Travaux réalisés lors du stage :

❖ Introduction

❖ La carte de la région de Taguelguizt (Extrémité Est d'Agoujgal) avec des coupes associées

- La carte des structures
- La carte générale réalisée
- Les coupes

❖ Projection des plans de failles sur Canevas avec une rosace directionnelle associées

❖ Echantillonnage

❖ Etude minéralogique et métallogénique

❖ Le suivi géologique et production

❖ Conclusion

❖ Annexe1

❖ Annexe2

Remerciements :

Avant de présenter mon modeste travail, Je tiens à exprimer ma profonde gratitude ainsi que mes sincères remerciements à :

Mes encadrants Mr LACHHAB Khalid (MANAGEM Group- Akka Gold Mining) et Mme ESSARRAJ Samira (Faculté des Sciences et Techniques), et Mr SAIDI Abdellatif responsable de la formation LST – Géologie Appliquée aux Ressources Minières (GARM), qui malgré leurs occupations et les responsabilités qu'ils assument, ils ont toujours eu le temps pour m'écouter, me conseiller et me fournir la documentation nécessaire durant mon stage. Que ce travail soit le modeste témoignage de ma haute considération et mon profond respect. Mes vifs remerciements également à toutes les personnes qui m'ont aidé de compléter et rédiger ce modeste travail

-À Mr le directeur d'exploitation de la mine d'Akka Gold Mining : Mr MHAILI Maati, qui m'a attribué ce stage

Mes remerciements vont également aux personnels de la mine, particulièrement Mr ELKOURAICHI Ahmed, et Mr AKDIM Elmoukhtar pour les conseils qu'ils m'ont donnés et leur aide durant toute ma période de stage.

Merci également à Mr KNIDIRI Abdelwahab

Liste des figures

Figure 1 : Cadre géologique du gisement d'Agoujgal (Hassenforder, 1987)

a : Photo localise l'endroit du gisement d'agoujgal dans l'extrémité Ouest d'anti-atlas

b : Extrait de la carte géologique de la boutonnière de kerdous

c et d : des coupes des zones illustrées dans la carte

Figure 2 : Log synthétique des formations de l'Anti-Atlas (Référence Google scholar les travaux fait par Gérard Woussen)

Figure 3 : Carte extraite du rapport synthétique d'Agoujgal de Managem Et photo satellite extraite de Google Maps

Figure 4 : Log stratigraphique d'Agoujgal réalisé par Managem

Figure 5 : Photo à gauche : Les granites d'Agoujgal avec phénocristaux de Feldspath. Photo à droite : Les arkoses

Figure 6 : Figure montre les slumps au sein des dolomies de tamjout

Figure 7 : Passage direct entre les grès et les calcaires inférieurs

Figure 8 : Stratification entrecroisée montrant une agitation avant le dépôt

Figure 9 : Rognons de silex et stratifications entrecroisées dans la formation des calcaires inférieurs

Figure 10 : Rosace des directions de failles et décrochements, d'après le rapport synthétique d'Agoujgal

Figure 11 : Carte de la région de Taguelguizt - Extrémité Est d'Agoujgal

Figure 12 : Coupes réalisées lors du stage dans la région de Taguelguizt (voir localisation sur la carte Fig. 10)

Figure 13 : Rosace de direction des plans de failles, 69 Structures

Figure 14 : Rosace directionnel avec une représentation des pôles de failles, 69 structures

Figure 15 : Echantillon macroscopique de Dolomie de Tamjout avec la Malachite, les Ocres jaune et rouge

Figure 16 : Photo montre remplissages des veinules et des Fractures par la Chalcosine

Figure 17 : Photo montre la minéralisation au sein des siltites de la série de base

Figure 18 : Photos microscopique de lames minces des Dolomies de Tamjout d'après le rapport synthétique général d'agoujgal Objectif*10

Figure 19 : Photos microscopique des Grès, d'après le rapport synthétique d'Agoujgal (Qz : Quartz , Ct : Calcite , Tc ; Talc , Ms : Muscovite) Objectif*10

Figure 20 : Trou de foration ,dans la région de Taguelguizt

Figure 21 : Photo gauche : échantillon en cours de l'opération de l'abatter , Photo droite : Engin Roc

Liste des Tableaux :

Tableau 1 : Teneurs en cuivre et en argent, des échantillons prélevés dans les dolomies de Tamjout de la région de Taguelguizt

Tableau 2 : Les descriptions des teneurs observées pendant l'abatter

Chapitre 1: Généralités

❖ Présentation du secteur d'étude et but du travail :

Agoujgal est un gisement de cuivre qui se situe au niveau de la partie Sud Est de la boutonnière du kerdous dans l'Anti-Atlas occidental, et c'est l'un des nombreux gisements cuprifères dans la région comme par exemple le gisement de Tazalakht. La région de Taguelguizt, objet de ce travail, se situe au niveau de l'extrémité EST de la carrière d'Agoujgal, c'est une des régions qui sont en cours d'exploration et d'étude géologique par les sondages percutants dont le but d'estimer la puissance et la profondeur de la minéralisation.

Actuellement, la mine d'Agoujgal est en activité, gérée depuis 2007 par le Groupe Managem. La production actuelle est de 600 000 tonnes de tout venant par an à 1% de Cu. Les réserves ont été estimées par Asladay (1998) à 862 000 t à 1,7% Cu et 65 g/t Ag, elles sont aujourd'hui estimées à 5 000 000 t à 1% Cu et 20 g/t Ag selon une teneur de coupure à 0,6%Cu.

Le but principal du travail est la réalisation d'une carte du secteur de Taguelguizt (Extrémité EST d'Agoujgal), avec en compléments, une étude structurale et minéralogique des différentes formations de la région qui porte des indices de minéralisation cuprifère.

❖ Historique :

La Mine aurifère d'Akka :

L'exploration dans la boutonnière de Tagragra d'AKKA dans l'Anti-Atlas a débuté en 1939 par une campagne de prospection de l'or. En 1984, le BRPM a effectué une prospection alluvionnaire sur les terrains protérozoïques, aboutissant à l'identification de plusieurs indices d'or.

Le site d'Iourirn a fait l'objet en 1991 de sondages carottés qui ont décelé des teneurs en or très encourageantes, le démarrage des travaux miniers à Iourirn a eu lieu en 1995 par le BRPM. Par la suite, en 1997, la société AKKA Gold Mining (AGM), filiale du groupe MANAGEM, a pris la relève. Lors des années suivantes, la société AGM a effectué plusieurs travaux de recherche (sondages carottés, sondages en circulation inverse, puits, travers bancs, traçages et recoupes) qui ont permis la découverte d'autres indices aurifères dans la boutonnière de la Tagragra d'AKKA.

Les études entreprises ont démontré la faisabilité du projet ce qui a conduit à l'installation de la mine en Avril 1999.

En 2001, il y a eu démarrage de la production. De 2001 à 2005 la société AGM a fait d'importants progrès en matière de production d'or, mais cette production a chuté fin 2005.

Pour garder sa pérennité, la société AGM a introduit l'exploitation du cuivre dans plusieurs gisements à des teneurs encourageantes dans les environs de la Mine d'Akka.

Agoujgal :

Agoujgal est l'un des nombreux gisements cuprifères qui entourent les extrémités de la boutonnière précambrienne du Kerdous, il a été objet de plusieurs travaux miniers de recherche depuis les années 1950.

En 1955 : Les premiers travaux effectués sont par *WAZAN et J.R*

En 1968: c'est le début des premiers travaux d'estimation des réserves par SMEYKAL ; qui a estimé des réserves de 500 000 Tonnes de minerai avec une teneur de 2% de Cuivre dans la partie Nord du site d'extraction Agoujgal Nord.

L'étude géologique et métallogénique de la région s'est poursuivie jusqu'à Juin 1971 Le site a fait l'objet de travaux de recherche par sondages et puits de reconnaissance par le BRPM en 1975.

En 1976: les géologues ont réussi à effectuer une carte de la région d'Agoujgal Cette fois des carte plus précises avec beaucoup de détails à l'échelle (1/2000) accompagnée d'un ensemble de travaux de sondages.

A Agoujgal Sud, les réserves sont bien déterminées et bien estimées par un ensemble de méthodes : Descenderies, traçages, recoupes, cheminées d'échantillonnage et puits d'échantillonnage.

En 2006: c'est la date d'acquisition du permis pour le début d'exploration minière par la société MANAGEM, qui va refaire les anciens travaux dans la région avec des extensions plus larges pour qu'elle puisse délimiter les gisements avec des sondages carottés au début puis avec des sondages percutants.

En 2012: Début d'exploration des extrémités Est et Ouest d'Agoujgal avec la réalisation de cartes et l'échantillonnage, plus :

- Exploration du bloc D-EST et le nord du bloc BBWEST
- Exploration de la partie EST de Sidi Ali
- Préparation d'Agoujgal-Est, DW, BWEE, D-EST

Pour le démarrage de l'activité d'exploitation, AGM a signé des contrats avec des sous-traitants :

- MATIMEX : production, chargement et transfert de stérile et de minerai plus l'abattage (qui consiste au nettoyage, foration, et tir).
- EBC : Transport du minerai vers l'usine pour le traiter.
- AGAZZOUNI : Travaux de sondage et de recherche

L'usine de AGM, traite 2400 tonnes de minerai tout-venant de Cu par jour, dont presque la moitié, soit 1200 t/j, vient d'Agoujgal et la deuxième moitié vient de Tazalakht avec :

- ✓ Agoujgal : Minerai de bonne qualité et mauvaise teneur
- ✓ Tazalakht : Minerai de mauvaise qualité et bonne teneur.

La qualité du minerai est contrôlée par le contenu en oxydes, plus le minerai en contient, plus sa qualité est mauvaise ; mais d'après les études, les zones qui contiennent des teneurs encourageantes sont obligatoirement associées à des oxydes. Pour éviter ces problèmes il faut équiper l'usine par des méthodes de traitement chimique comme la lixiviation.

❖ Situation géographique :

La région d'Agoujgal se localise administrativement dans la province de Goulmime à 200 Km au Sud-Est d'Agadir et à 53 Km au sud de Tafraout.

L'accès à la carrière d'Agoujgal se fait par 2 voies, le premier chemin goudronné passant par le village d'Izrbi, et le deuxième chemin est une piste qui vient de s'ouvrir au début d'Avril 2013.

Le premier chemin goudronnée à 63Km de la mine d'Akka, le deuxième est à 42Km.

❖ Cadre géologique :

Agoujgal est un gisement cuprifère situé dans l'Anti-Atlas oriental et précisément dans la partie Sud-Est de la boutonnière précambrienne du kerdous (Fig. 1)

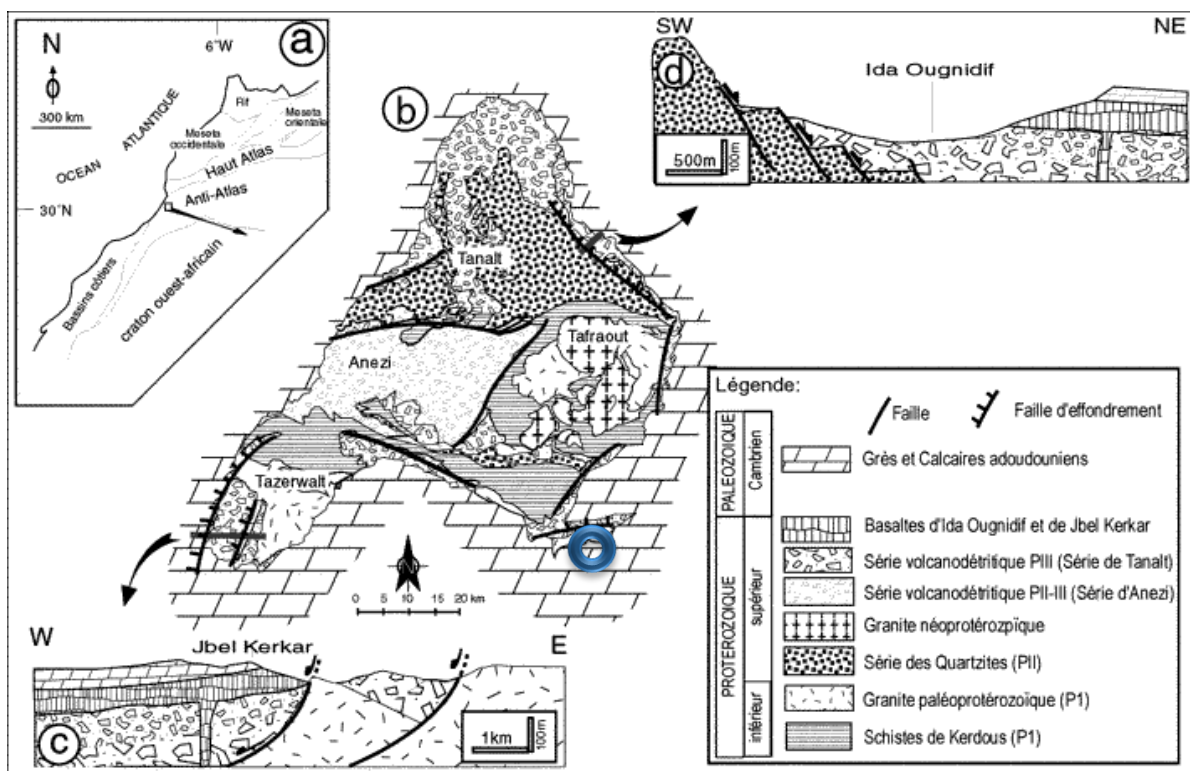


Fig 1 : Cadre géologique du gisement d'Agoujgal (Hassenforder, 1987)

a : Photo localise l'endroit du gisement d'agoujgal dans l'extrémité Ouest d'anti-atlas

b : Extrait de la carte géologique de la boutonnière de kerdous

c et d : des coupes des zones illustrées dans la carte

1 CADRE REGIONAL DE L'ANTI-ATLAS :

L'Anti-Atlas est l'un des domaines structuraux du Maroc caractérisé par son ancienneté et son importance au niveau de la prospection et la recherche minière, puisque on y trouve de larges affleurements d'anciens terrains précambriens dans des boutonnières : Ifni, Kerdous, Tagragra N'Akka, Sirwa, Saghro, Zenaga, El Graara-Bou Azzer, Ighrem,...)

La figure 2, représente un log schématique des différentes formations de l'Anti-Atlas et résume l'ensemble des formations qui caractérisent les boutonnières. Ce log synthétique montre également l'emplacement des phases orogéniques et les différents faciès qui marquent chaque période géologique.

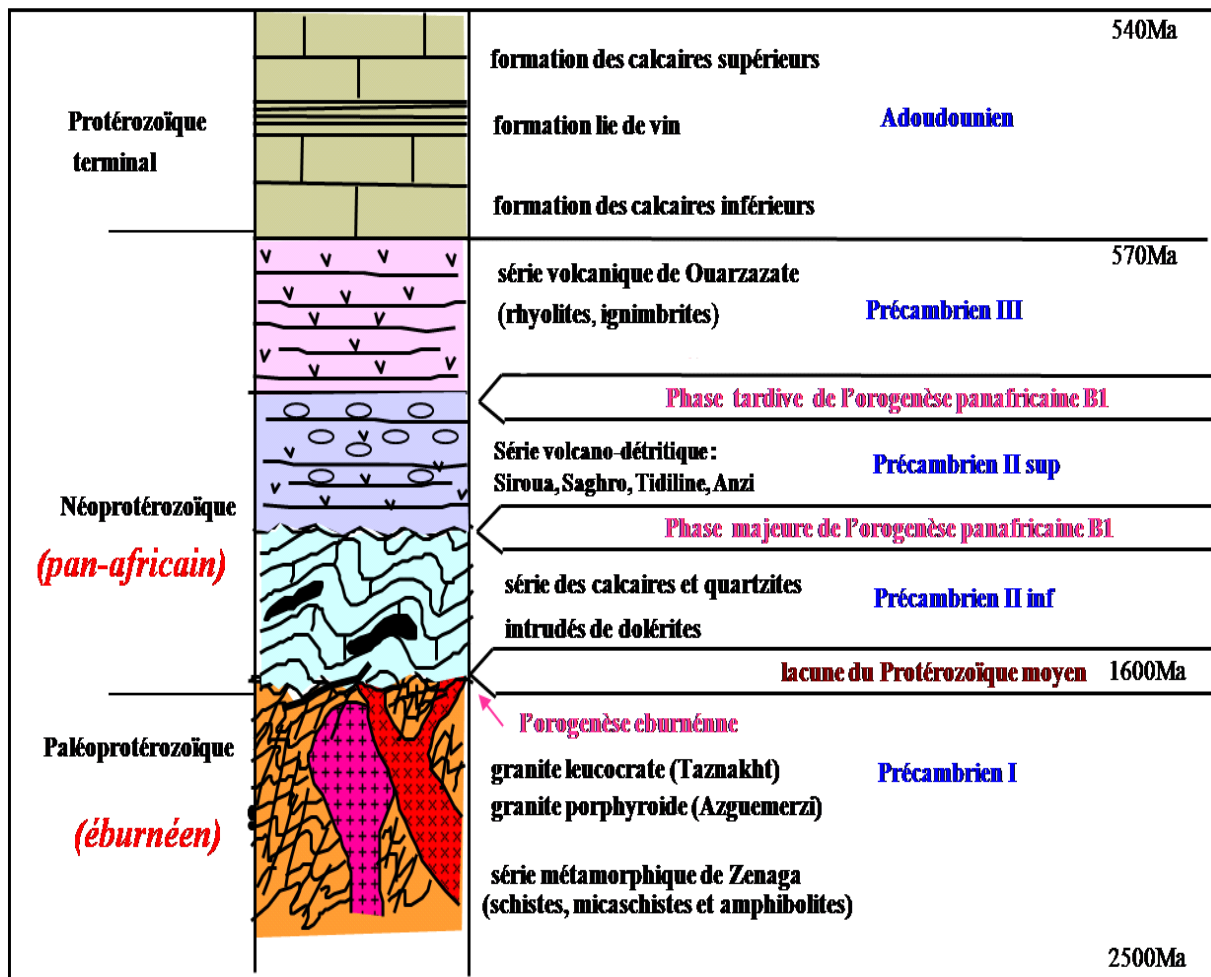


Fig 2 : Log synthétique des formations de l'Anti-Atlas

L'Anti-Atlas repose sur un socle d'âge paléoprotérozoïque (PI) affecté par l'orogénèse éburnéenne (2200-1800 Millions d'années) ; il est par conséquent plissé, métamorphisé et schistosé, avec des injections granitiques qui sont mises en place suite à la distension de l'orogénèse éburnéenne.

Le précambrien II (1600-670 Millions d'années) est constitué par les calcaires et les quartzites de jbel Lkest injectés par des dykes et sills basiques et gabbroïques, les calcaires se sont déposés dans un milieu épicontinental.

Le précambrien II-III est représenté par le groupe d'Anzi : série volcano-détritique qui débute par un magmatisme calco-alcalin et surmontée par une formation détritique terrigène typique des milieux continentaux et probablement lacustres.

Le précambrien III représenté par un groupe volcano-sédimentaire plus connu sous le nom de groupe de Ouarzazate.

PII et PIII forment le Néoprotérozoïque dans la nomenclature internationale.

Enfin, l'ensemble est surmonté par des dépôts de l'Adoudounien (Infra-cambrien) généralement formé par des carbonates marins qui débutent par des alternances calcaro-siltitiques connues sous le nom groupe de Taroudant.

2 LA BOUTONNIERE DU KERDOUS :

La boutonnière du kerdous est la plus grande boutonnière dans le domaine anti atlasique du point de vue surface, caractérisée par une base formée d'un socle paléoprotérozoïque, et une couverture qui va du Néoprotérozoïque à la base jusqu'à la base de l'aire primaire « le cambrien ».

Du point de vue lithologique, les cartes géologiques de la boutonnière nous indiquent une allure générale typique et propre à cette boutonnière entourée et limitée par une barre compétente épaisse de l'Adoudounien (Infracambrien) qui marque la dernière grande transgression marine marquée en fin du précambrien par des dépôts marins.

Dans le Kerdous, les gisements cuprifères ne se répartissent pas aléatoirement ; ils se localisent dans l'extrémité de la boutonnière, puisque la minéralisation est portée essentiellement par les niveaux carbonatés, plus précisément par les dolomies de Tamjout et plus ou moins dans les grès et la série de base .

3 GEOLOGIE D'AGOUJGAL (D'APRES LE RAPPORT SYNTHETIQUE REALISE PAR MANAGEM) :

Le précambrien dans la zone d'Agoujgal (Fig. 3) est différent, puisque la couverture adoudounienne repose en discordance directement sur le socle paléoprotérozoïque, avec une lacune des dépôts de Néoprotérozoïque plus précisément dans cette zone en plus de la lacune de sédimentation du Mésoprotérozoïque dans tout l'Anti-Atlas.

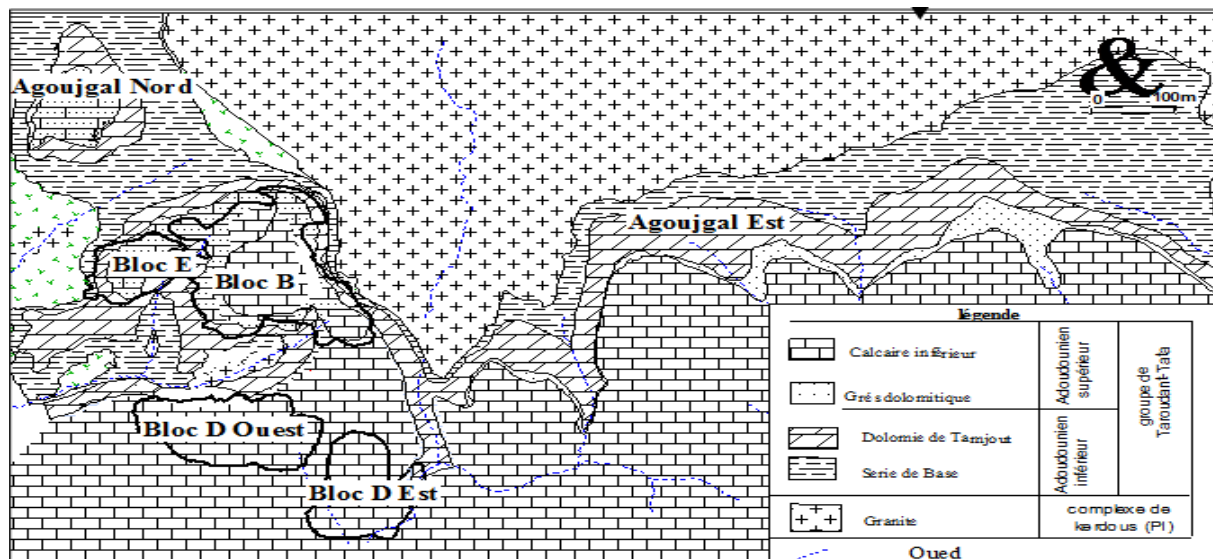




Fig 3 : carte extraite du rapport synthétique d'Agoujgal de Managem
Et photo satellite extraite de Google Maps

Stratigraphie :

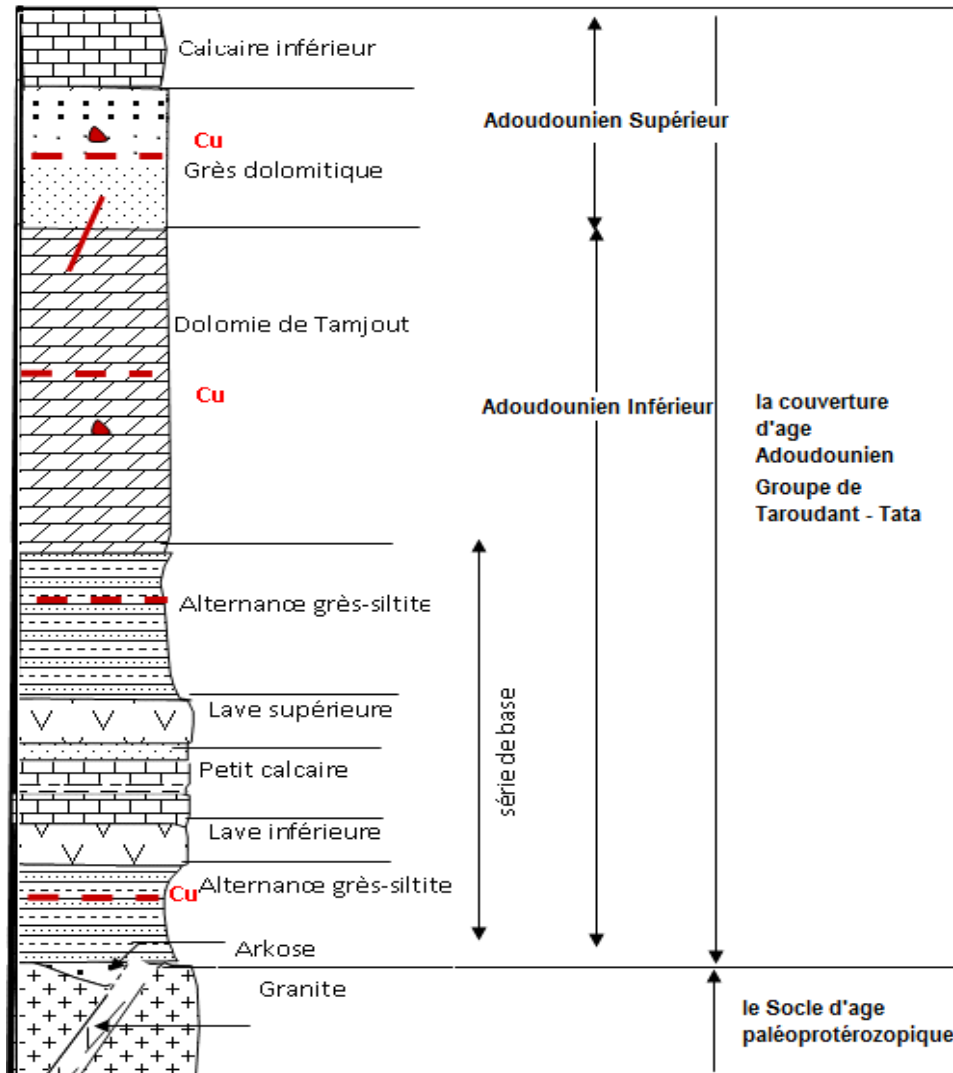


Fig 4 : Log stratigraphique d'Agoujgal réalisé par Managem

Le précambrien I (PI):

Comme dans la plupart des boutonnières anti-atlasiques, il est représenté par des roches métamorphiques et des intrusions granitiques, avec une lithologie composée par des micaschistes, des migmatites et des granitoïdes orogéniques à post-orogéniques. Mais dans l'extrémité sud-est de la boutonnière du Kerdous, le socle est totalement granitique (Fig. 5), avec la mise en place des arkoses suite à l'érosion des granites



Fig 5 : Photo à gauche : Les granites d'Agoujgal avec phénocristaux de Feldspath.
Photo à droite : Les arkoses

Dans le gisement de Tazalakht par exemple, le socle se différencie par rapport à Agoujgal, il est quartzitique et d'âge différent aussi puisque les quartzites datent du PII.

Le Protérozoïque terminal ou la couverture Adoudounienne :

Engendré par dépôts de la transgression Adoudounienne en provenance du NW, il repose en discordance majeure sur le socle granitique d'âge éburnéen. Ces dépôts transgressifs débutent par une série détritique évoluant vers des termes de plus en plus carbonatés avec des intercalations de roches volcaniques.

En effet, après les dépôts continentaux et les manifestations magmatiques du PIII le domaine SW de l'Anti-Atlas est noyé sous une sédimentation marine transgressive carbonatée, calcaro-dolomitiques (sans fossiles), de quelques milliers de mètres d'épaisseur, désignée (par Choubert, 1952) sous le nom de la série de l'oued Adoudou ou Adoudounien. Cette formation est constituée de trois unités essentielles : les calcaires Inférieurs suivis de la série « lie de vin » et enfin les calcaires supérieurs.

Dans la région d'Agoujgal-Taguelgizt on n'a que l'affleurement des calcaires inférieurs.

- Série de base

Essentiellement formée par des siltites avec des intercalations calcaro- gréseuses et des laves dans des épointements précis. On observe des figures de courant au sommet de la formation

- *Dolomie de Tamjout*

Une épaisse formation dolomitique de puissance qui va jusqu'à 17 mètres, et c'est la plus importante formation pour les explorateurs puisqu'elle contient plusieurs indices de minéralisation cuprifère, avec une intense silicification. Elle présente des figures sédimentaires représentées par les slumps.



Fig 6 : Figure montre les slumps au sein des dolomies de tamjout

- *Grès dolomitiques*

Cette unité détritique (Fig. 6) surmonte en concordance la dolomie de Tamjout avec un passage progressif des bancs dolomitiques d'épaisseur métrique vers des bancs gréseux. De couleur noire, elle montre une minéralogie essentiellement à quartz de taille millimétrique à centimétrique.

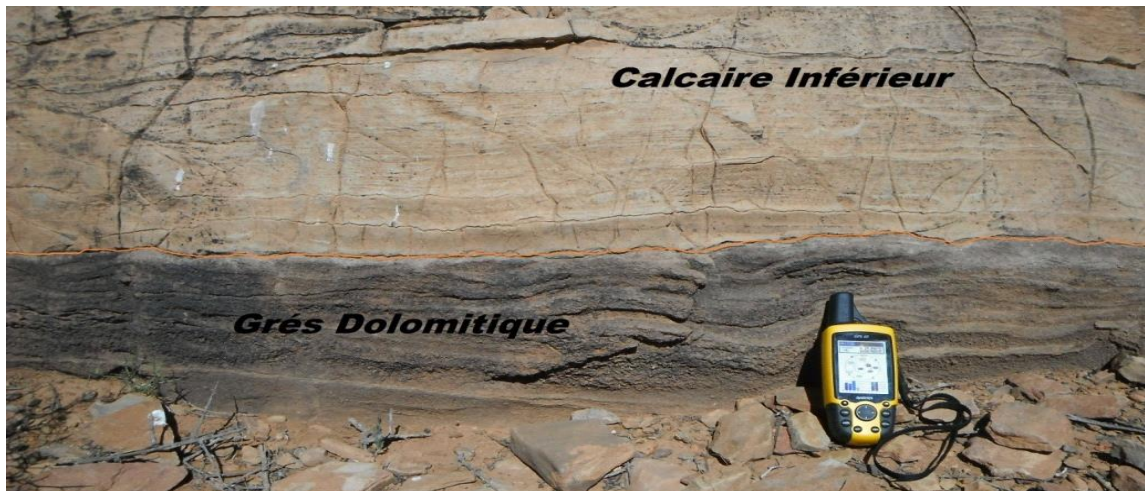


Fig 7 : Passage direct entre les grès et les calcaires inférieurs

Cette unité peut être subdivisée en trois faciès. De bas en haut, on distingue :

- faciès gréseux dolomitique souvent en lits minces pouvant être localement absents.
- faciès gréseux grossiers à quartz dominants,
- faciès micro-conglomératique à grains centimétriques et à ciment carbonaté. Ce dernier faciès est marqué par la présence de stratifications entrecroisées (Fig 7), liées vraisemblablement à l'agitation du milieu de dépôt.



**Fig 8 : stratification entrecroisée montrant une agitation avant le dépôt
des calcaires inférieurs**

- Calcaire Inférieur

D'une couleur jaunâtre et d'une épaisseur de plusieurs centaines de mètres surtout dans la partie Sud-Est d'Agoujgal où on a de grands affleurements de cette formation. Ce calcaire est organisé en une succession de bancs presque isopaques renfermant des passées de siltites et des rognons de silex. Le toit des bancs montre des rides de courant symétriques orientées E-W, indiquant un courant bidirectionnel N-S.



Fig 9 : Rognons de silex et stratifications entrecroisées dans la formation des calcaires inférieurs

❖ Etude structurale de la région d'Agoujgal

La région d'Agoujgal a été affectée par deux types de déformations, une cassante et l'autre ductile ou souple.

- La déformation ductile :

Au niveau du site minier , la déformation ductile apparaît très discrète avec une série légèrement ondulée. A l'affleurement, l'aspect général de la série apparaît monoclinale, cependant, on note une variation dans la direction de la stratification : N60 à N70°E avec un pendage de 15 à 20° vers le SSE. Cette ondulation serait vraisemblablement liée à l'irrégularité du soubassement (paléo relief du socle) en relation avec une tectonique synsédimentaire de l'orogénèse Panafricaine reconnue durant cette période.

- La déformation cassante :

L'analyse des plans de fracturation relevés au niveau du site minier d'Agoujgal, a permis de mettre en évidence trois familles de failles (Fig. 9) réparties comme suit :

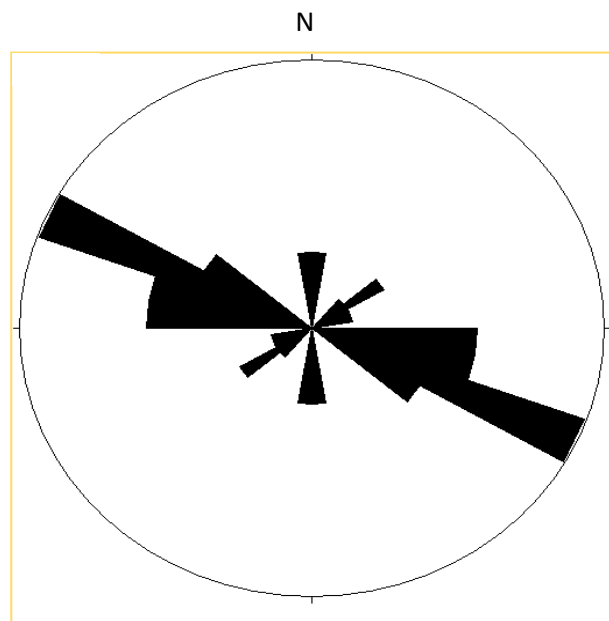


Fig 10 : Rosace des directions de failles et décrochements, d'après le rapport synthétique d'Agoujgal

⇒ Famille E-W (N90 à N130°E) :

Dominante dans le site minier d'Agoujgal, elle montre généralement un pendage assez fort (50-60°N) à subvertical. Le jeu correspond à un système d'effondrement (jeu normal) avec des structures caractéristiques (crochons de failles, fractures secondaires greffées sur la faille principale engendrant des panneaux effondrés (bloc D ouest). Certaines de ces failles montrent un remplissage à quartz et une minéralisation cuprifère. Celle-ci, est représentée macroscopiquement par de la chalcosine et de la malachite associées aux oxydes de fer et de Manganèse.

⇒ Famille NS :

Cette famille est moins importante que la famille E-W dans le site minier en exploitation (carrière). Elle affecte toute la série et jouant principalement en décrochement probablement sénestre (trace de mouvement douteuse). Supportant une part importante de la minéralisation cuprifère dans une gangue quartzreuse, elle est caractérisée par une zone d'altération aux épontes d'ordre décimétrique à métrique. Cette activité tectonique a engendré la formation de cavités de dissolution au niveau des dolomies de Tamjout. Ces cavités sont remplies par de la minéralisation tardive. Macroscopiquement, la minéralisation est représentée par la chalcosine, la malachite, l'azurite et l'oxyde de fer et du Manganèse.

Cette famille est plus significative au niveau d'Agoujgal Est où elle s'accompagne d'une minéralisation assez importante à la fois filonienne (fractures N-S minéralisées) mais aussi « en petit amas » portées par de petites structures alignées suivant les plans de failles. Ces structures correspondent à des cavités probablement de dissolution dans les faciès carbonatés de la dolomie de Tamjout. Ces cavités sont parfois connectées au réseau de fractures. Ces dernières joueraient le rôle de drain d'alimentation en stock métallique donnant naissance à une paragenèse tardive (Fig).

⇒ Famille NE (N60°E) :

Minoritaire dans le site minier, cette famille à jeu incertain, est représentée par quelques plans de failles et des microfissures ouvertes à quartz et malachite.

Les deux familles (E-W et N-S) supportant la majeure partie de la minéralisation, apparaissent indépendantes et décaler dans le temps. Chronologiquement, la famille E-W

Chapitre 2 :

Etude de la région de

Taguelguizt :

❖ Introduction :

La région de Taguelguizt est composée par les quatre grandes formations connues dans les blocs d'Agoujgal : du bas vers le haut on a un socle granitique traversée par plusieurs dykes basiques doléritiques avec le dépôt des arkoses dans des dépressions. Ce socle est surmontée par les formations de l'Adoudounien représentées par : une série de base composée par des siltites et intercalations de dolomies et de calcaires dans quelques époinements, puis en trouve les dolomies de Tamjout qui portent la grande partie de la minéralisation, l'ensemble est surmontée par les calcaires inférieurs.

Comme les autres gisements cuprifères de la région la minéralisation est portée essentiellement par les dolomies de Tamjout et plus au moins dans les grès et la série de base

❖ **La carte de la région de Taguelguizt (Extrémité Est d'Agoujgal) avec des coupes associées :**

- LA CARTE DES STRUCTURES :

La carte des structure, représente l'illustration des différente structure rencontré dans le terrain, comme les direction des faille, les anciens grattages, les dykes doléritique , et voilà la carte obtenue :

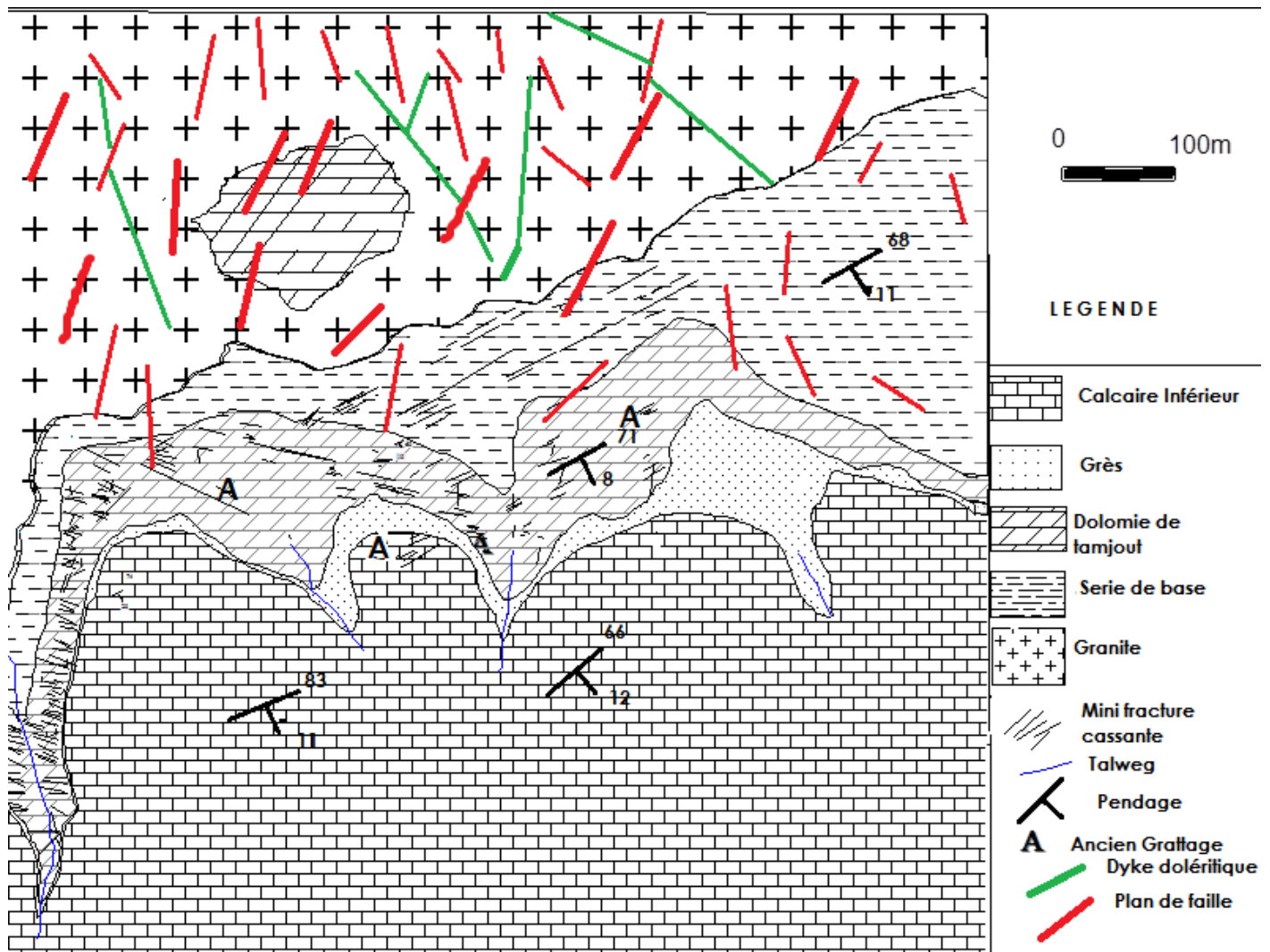


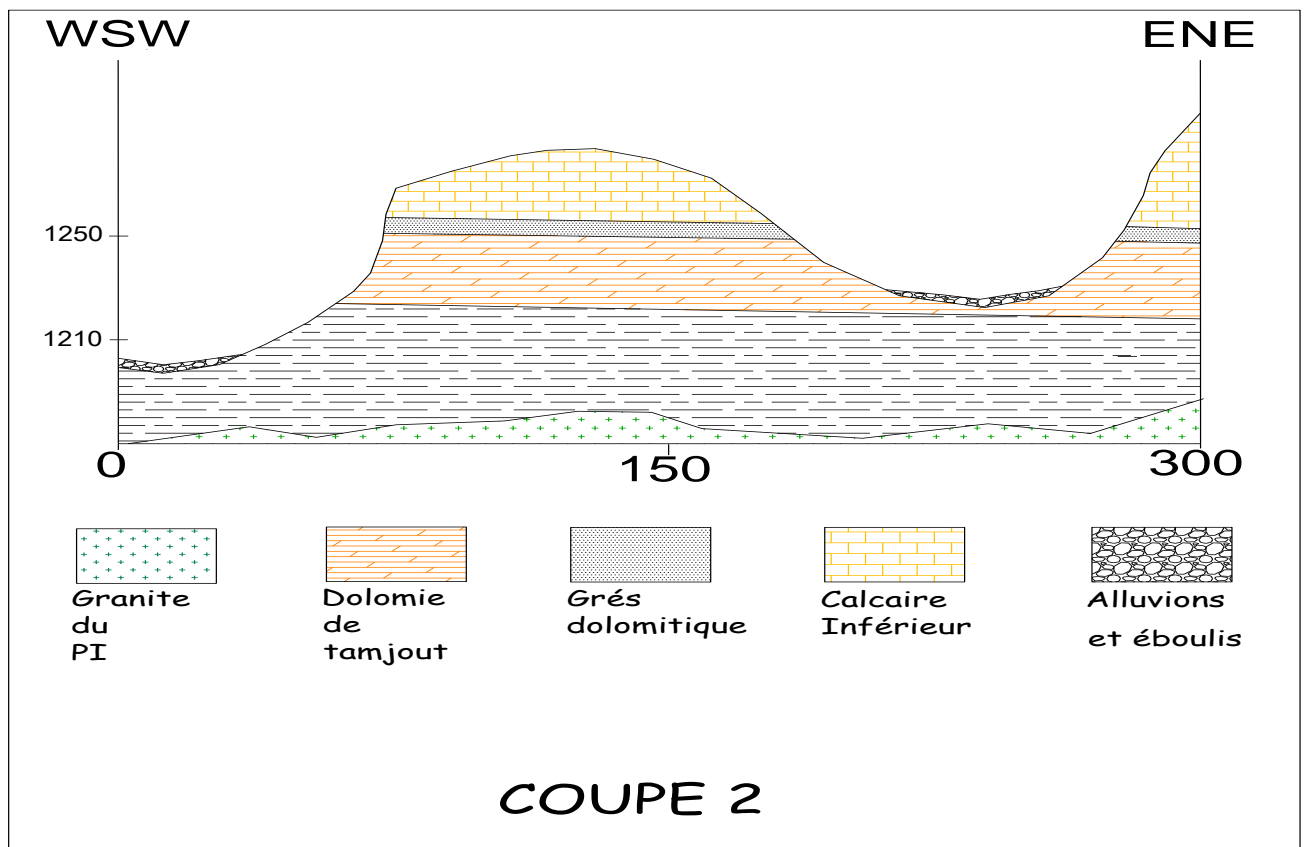
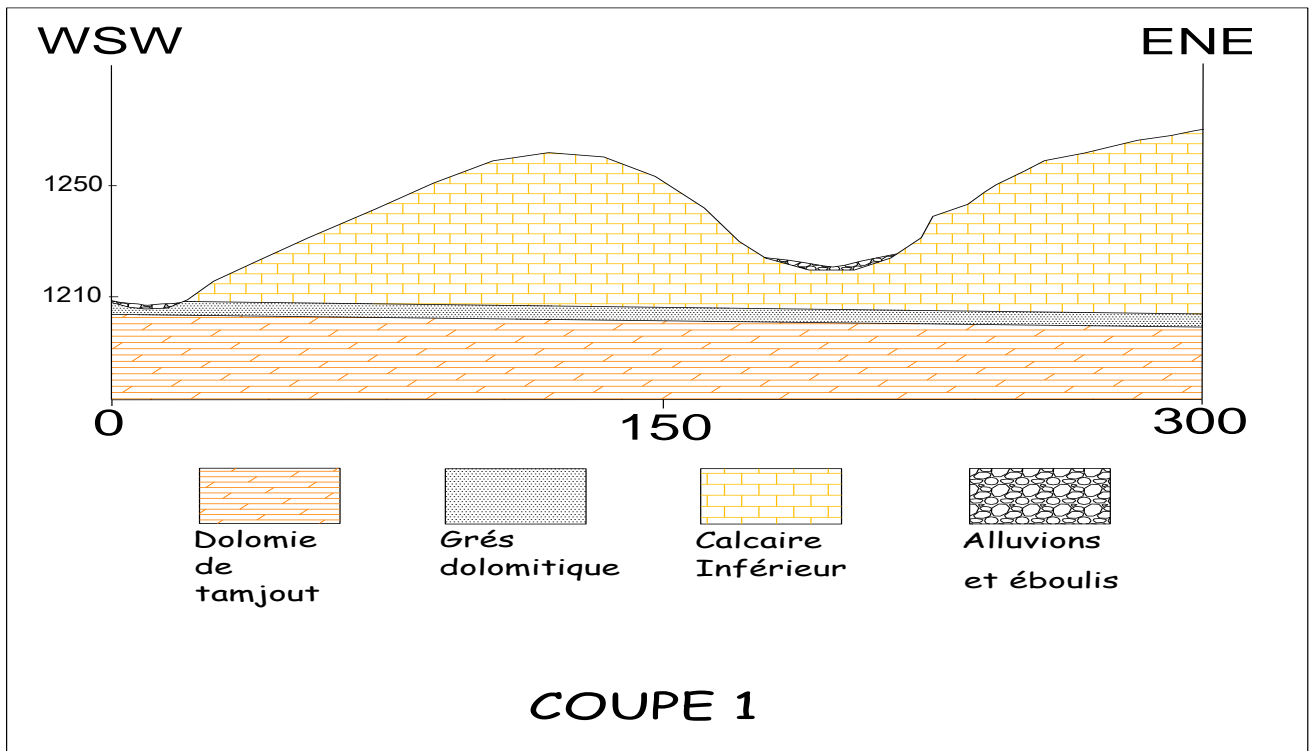
Fig 10' : Carte des structures de la région de taguelguizt

Lors du présent travail, la carte de la région de Taguelguizt a été réalisée (Fig. 10), accompagnée de quelques coupes :

Fig 11 : Carte de la région de Taguelguizt - Exterimité Est d'Agoujgal

La réalisation de la carte est faite par un levé des points par GPS, le levé a concerné la S0 (stratification) ou les limites entre les formations, le réseau hydrographique, les anciens grattages,

La réalisation des coupes (Fig. 11) est faite par la même méthode :



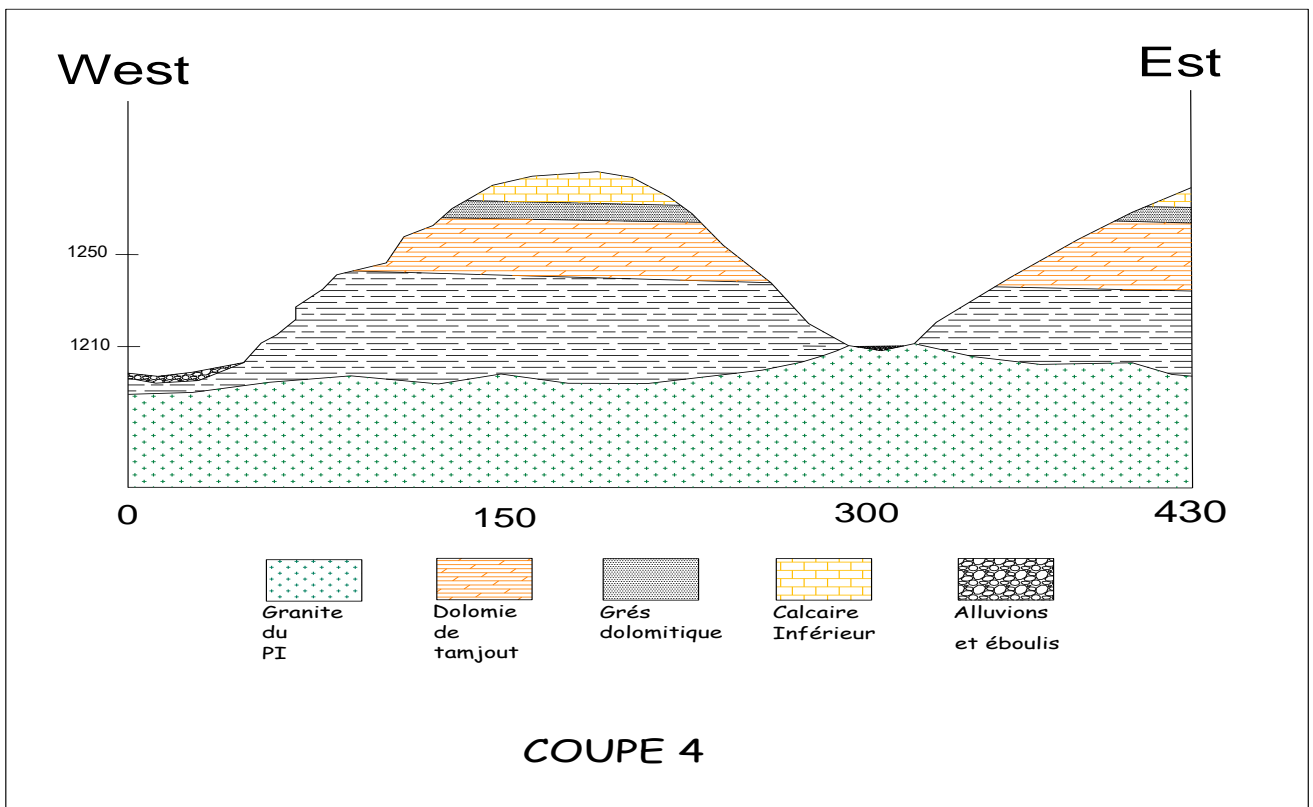
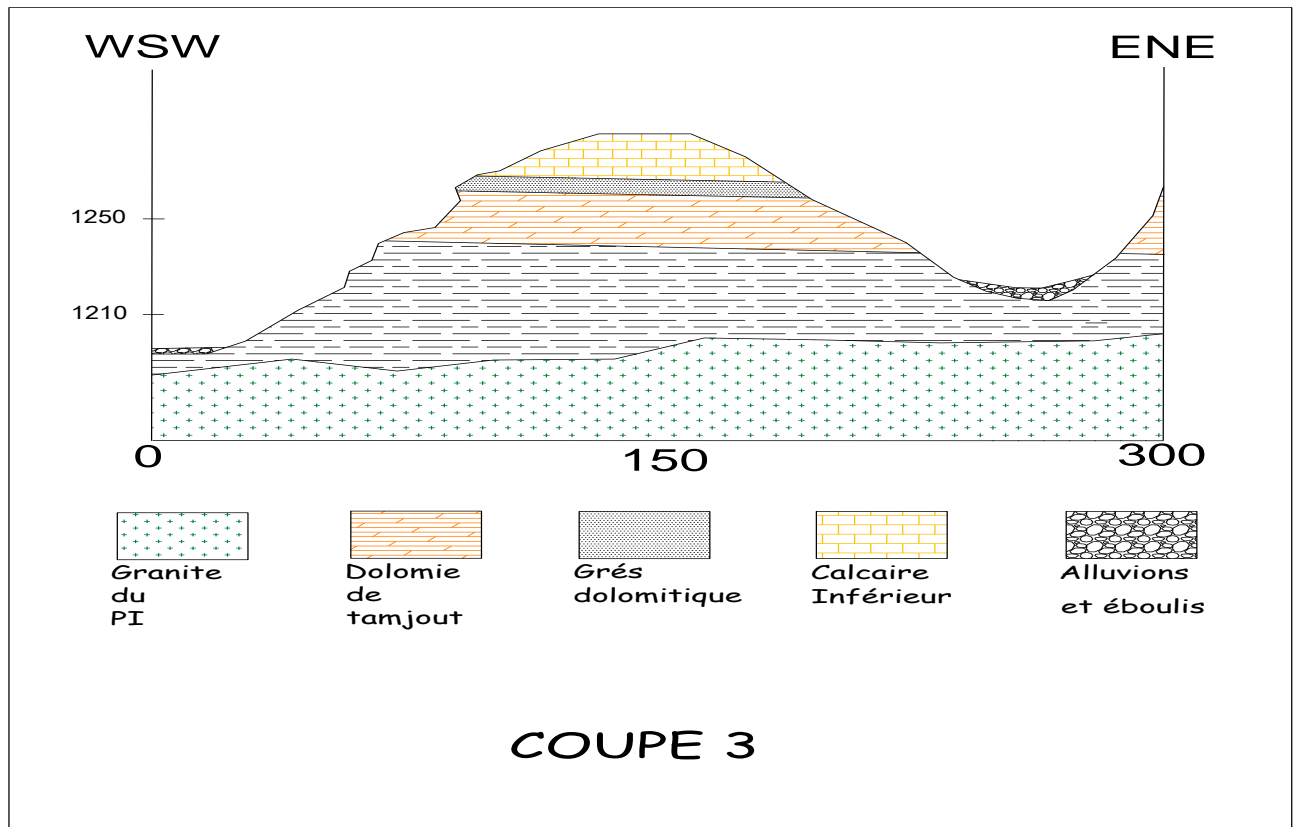


Fig 12 : 4 Coupes réalisées lors du stage dans la région de Taguelguizt (voir localisation sur la carte Fig. 10)

La région de taguelguizt , caractérisée par une présence de quelque indices de minéralisation cuprifère .

Généralement dans les dolomies de tamjout et les grès dolomitique, mais d'après une vue générale, la région de taguelguizt est moins concentrée par le minerai .

On peut déduire que le minerai concentrée plus dans l'extrémité Ouest ou dans la carrière d'Agoujgal , puisque ça revient à la topographie et le paleorelif du PI qu'est le facteur responsable de cette distribution

❖ **Projection des plans de failles sur Canevas avec des rosaces associées :**

D'après la projection des données GPS de différentes structures cassantes, sur la carte georeferenciée, on a obtenu cette rosace de direction qui résume la représentation des plans de failles rencontrée sur terrain :

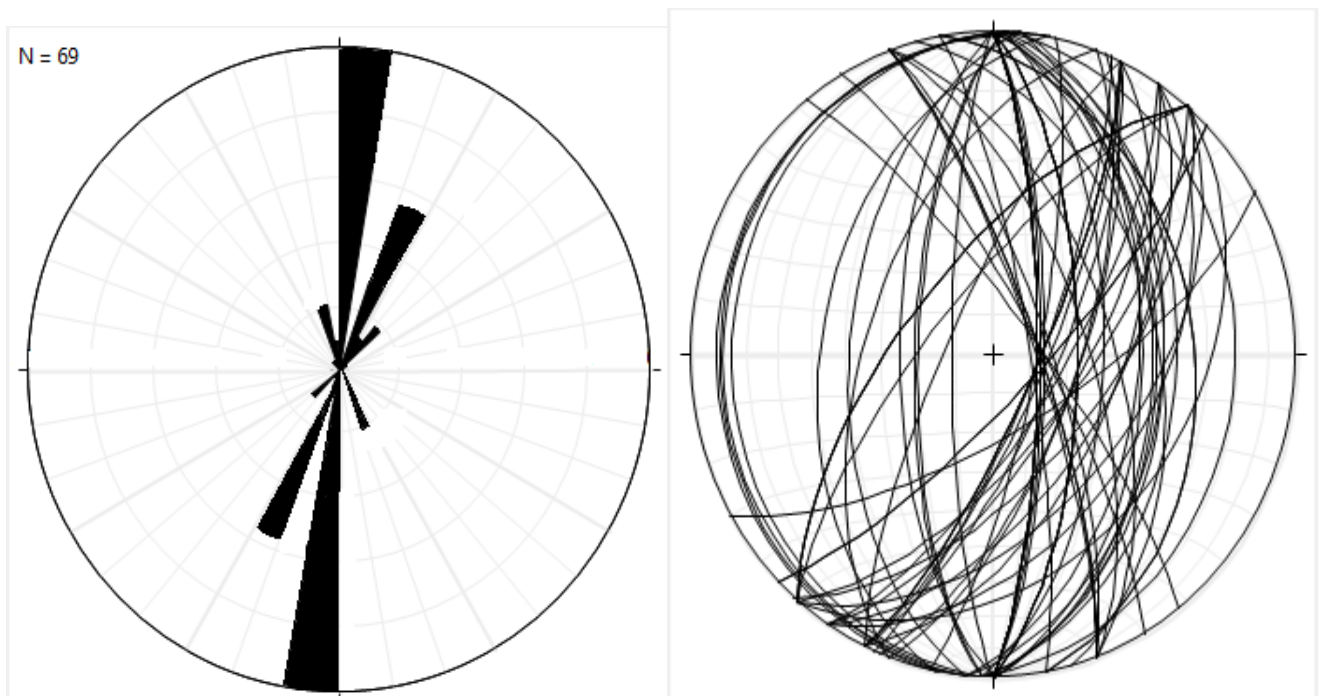


Fig 13 : Photo a droite : La projection des plans de failles
Photo a gauche : Rosace de direction des plans de failles. de 69
Structures

On peut conclure que la region d'agoujgal est affectée essentiellement par un régime de distension, avec des failles normales de direction majeure NS a N10

et avec une autre famille intermédiaire de N20 a N30, et une famille moins représenté dans la région de N40 a N50.

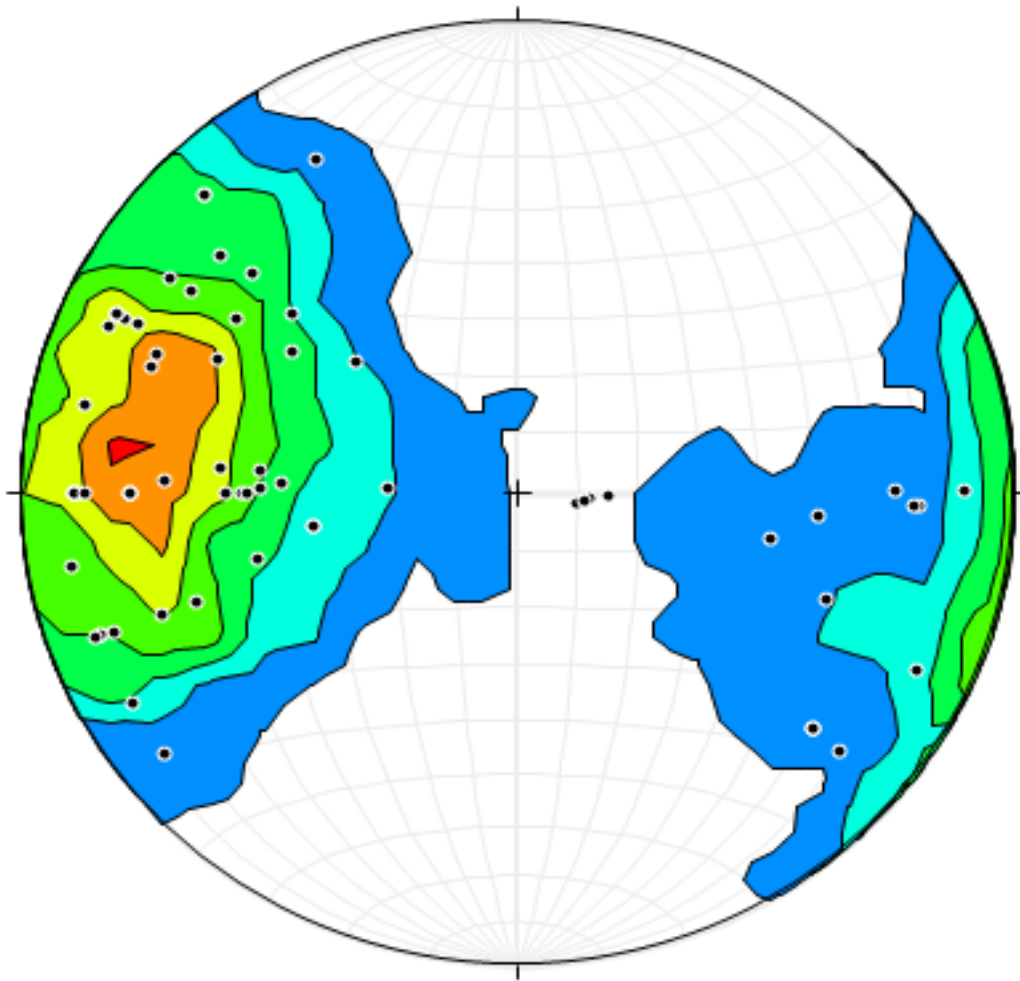


Fig 14 : Rosace directionnel avec une représentation des pôles de failles, 69 structures :

Cette rosace représente des contours de gravité des pendages de failles projetés, et nous donnent une idée sur la direction des contraintes de distension E-O a N100

❖ Echantillonnage

L'échantillonnage il est fait dans des différents niveaux et facies, la série de base, les dolomies, les grès dolomitique, près de chaque indice minéralisée observée

La deuxième chose qu'est pris en considération c'est les anciens grattages, à coté de chaque grattage il faut prendre deux à trois échantillons, parceque de point de vue logique ces grattages sont lieu a une raison même c'est aucun indice de minéralisation se trouve à coté

❖ Etude Pétrographique et métallogénique :

L'étude métallogénique général des différents faciès, nous indiquent sur une chose essentiel que la minéralisation est concentrée dans la base des dolomies de tamjout avec une forme stratiforme qui nous indique que cette minéralisation cuprifère est déposé en même temps avec les dolomies , cette minéralisation stratiforme déposé en même temps aussi avec les alternances siltitique-gréseuse de la série de base, ce qui confirme l'hypothèse posé par les géologues de la mine que l'origine de la minéralisation est sédimentaire marine.

La minéralisation stratiforme exprimée d'une façon régulière dans les dolomies et la série de base et plus ou moins dans les grès, La minéralisation sous forme de veinules est plus exprimée dans les grès dolomitiques suite à une reprise hydrothermale qu'est a diffusé la minéralisation dans l'ensemble des formations minéralisées, essentiellement dans les grès et les dolomies, en veinules et géodes , avec des Oxydes et hydroxydes de fer , Les sulfures de cuivre peuvent être oxydés. Par les solutions acides, le soufre et le fer sont remplacés par des carbonates et hydroxydes. Le Fer peut être éliminé, suivant les types de minerais, sous forme de sulfate de fer soluble ou encore sous forme de goethite, limonite...

D'après la carte réalisée, les zones de prélèvement des échantillons sont marquées par les points mauves, les échantillons sont prélevés près des indices de minéralisations observées généralement dans les facies dolomitique.



Fig.15 : Echantillon macroscopique de Dolomie de Tamjout avec la Malachite, les Ocres jaune et rouge

Le tableau 1 résume les résultats des analyses des échantillons de Dolomie de Tamjout prélevées de la région de Taguelguizt :

Echantillons	Puissance(m)	Cu (%)	Ag (g/t)
Ech1	1	0,5	23
Ech2	2	2,5	11
Ech3	3	0,8	42,5

Tableau 1 : Teneurs en cuivre et en argent, des échantillons prélevés dans les dolomies de Tamjout de la région de Taguelguizt

D'après les analyses on trouve que l'argent est se présente avec des teneurs faible 10 à 15 g/t, sous forme de dissémination dispersées, et il y a pas de chance de trouvée des échantillons visible macroscopiquement ou microscopiquement pour

déterminées sous quel forme se trouve l'argent, est ce que c'est natif ou associées dans cette zone d'étude

D'après l'activité hydrothermale qu'est a repris l'ensemble, on a une migration du cuivre vers le bas et le haut dans les différents formations , soit au sein des dolomies ou mobilisée vers la série de base et les grès dolomitique .

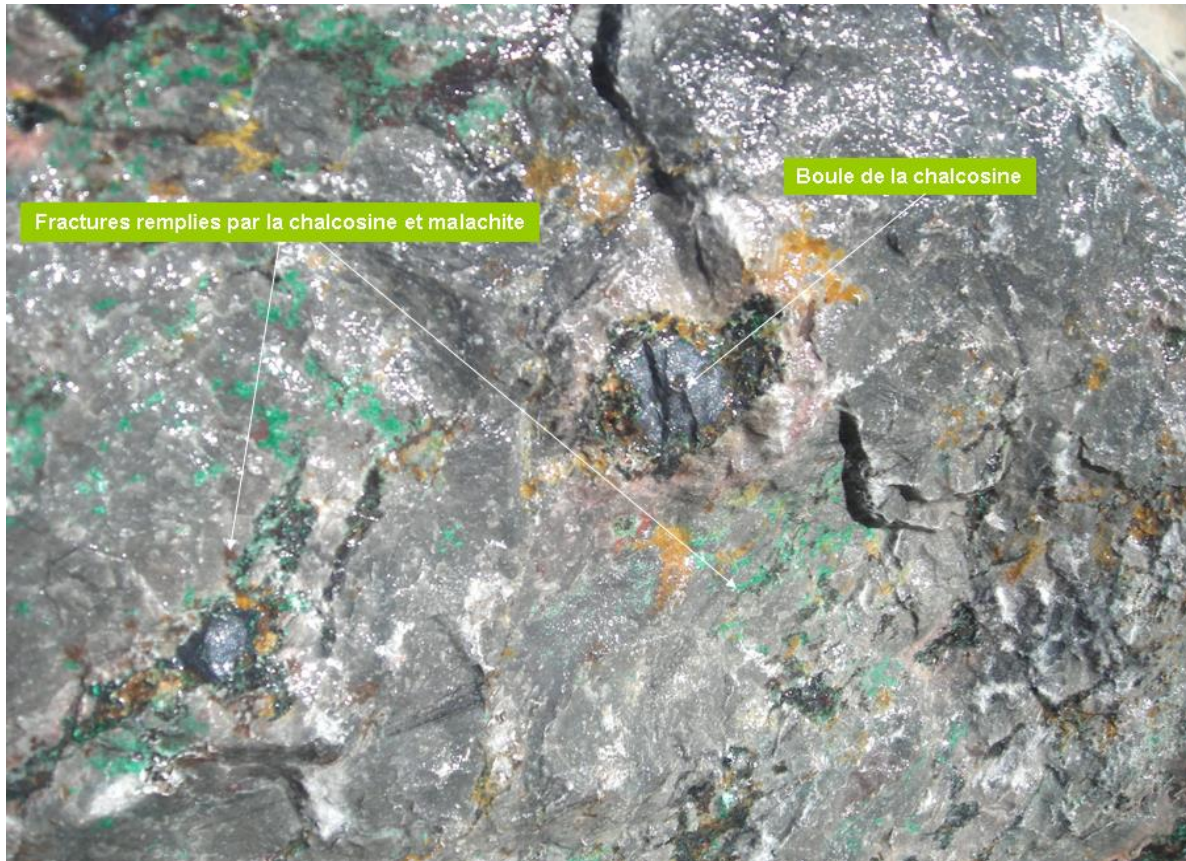


Fig 16 : Photo montre remplissages des veinules et des Fractures par la Chalcosine

▪ **Etude pétrographique et métallogénique de la série de base :**



Fig 17 : Photo montre la minéralisation au sein des siltites de la série de base

On a des alternances de lits de siltites et d'autres arkosiques suite à l'érosion du socle.

Les lits siltitiques a une granulométrie fine composée par des minéraux argileuse, et les lits arkosiques présente une granulométrie plus grande. L'étude pétrographique macroscopique et microscopique montre qu'elle est composé de :

- Grains de quartz arrondis : ce qui montre que les grains sont érodés du socle et ils ont subi un transport ce qui a causé leur forme émoussée et arrondie visible dans les lames
- Muscovite : des minéraux allongés
- Feldspath
- Calcite

- Biotite
- La Malachite

▪ **Etude pétrographique et métallogénique des Dolomies de Tamjout :**

L'ensemble de Tamjout est formé essentiellement par des dolomies et rarement des intercalations de grès dolomitique

D'après une étude macroscopique et microscopique, ces dolomies se composent de :

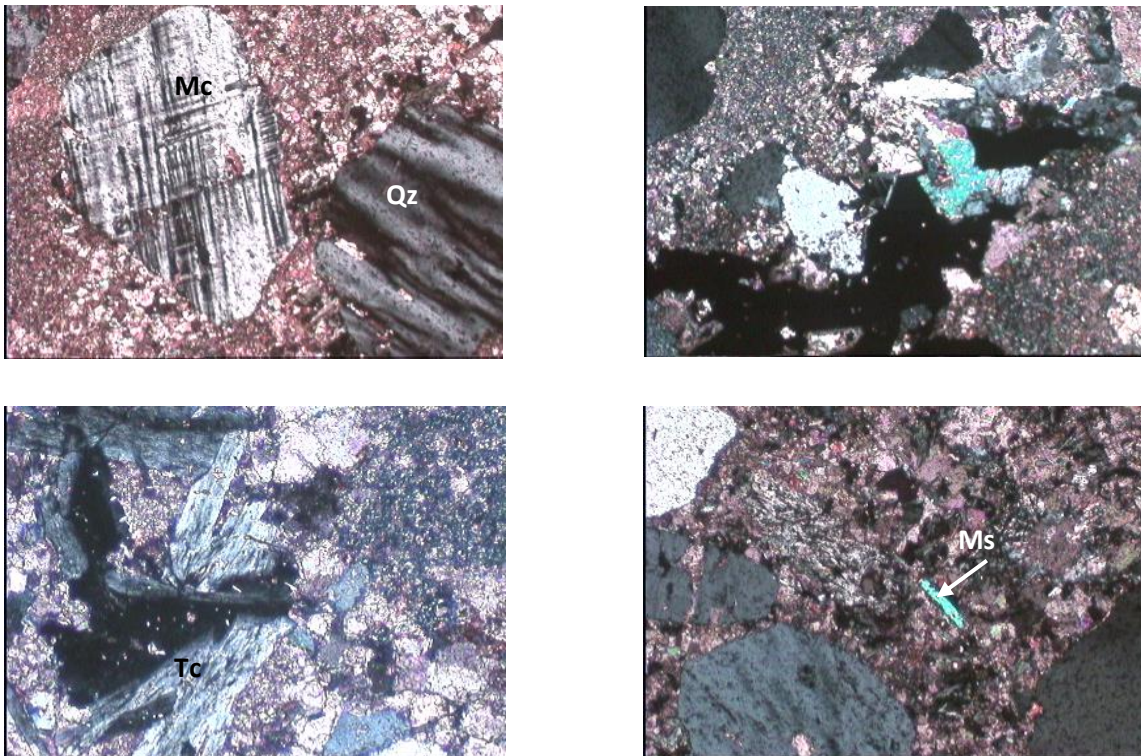


Fig. 18 : Photos microscopique de lames minces des Dolomies de Tamjout d'après le rapport synthétique général d'agoujgal Objectif*10

Ils sont composés essentiellement par :

- Quartz
- Muscovite
- Feldspath

- Les oxydes de Fer (essentiellement Hématite), ce sont les taches sombres en lumière Naturelle
- La Malachite
- Les Ocres rouge et jaune (l'Hématite et la goethite)

Les cristaux de dolomite sont jointifs, incolores et polarisent dans le blanc-violacé à vert-violacé des ordres supérieurs. L'interface du faciès grossier et du faciès fin est soulignée par le développement de fissures à remplissage de grains de quartz, de minéraux phylliteux, de la calcite, des carbonates de cuivre (malachite) et des oxydes de fer, Les grains de quartz présentent des phénomènes de dissolution et de remplacement par des carbonates (présence de figures de corrosion).

▪ **Etude pétrographique et métallogénique des grès :**

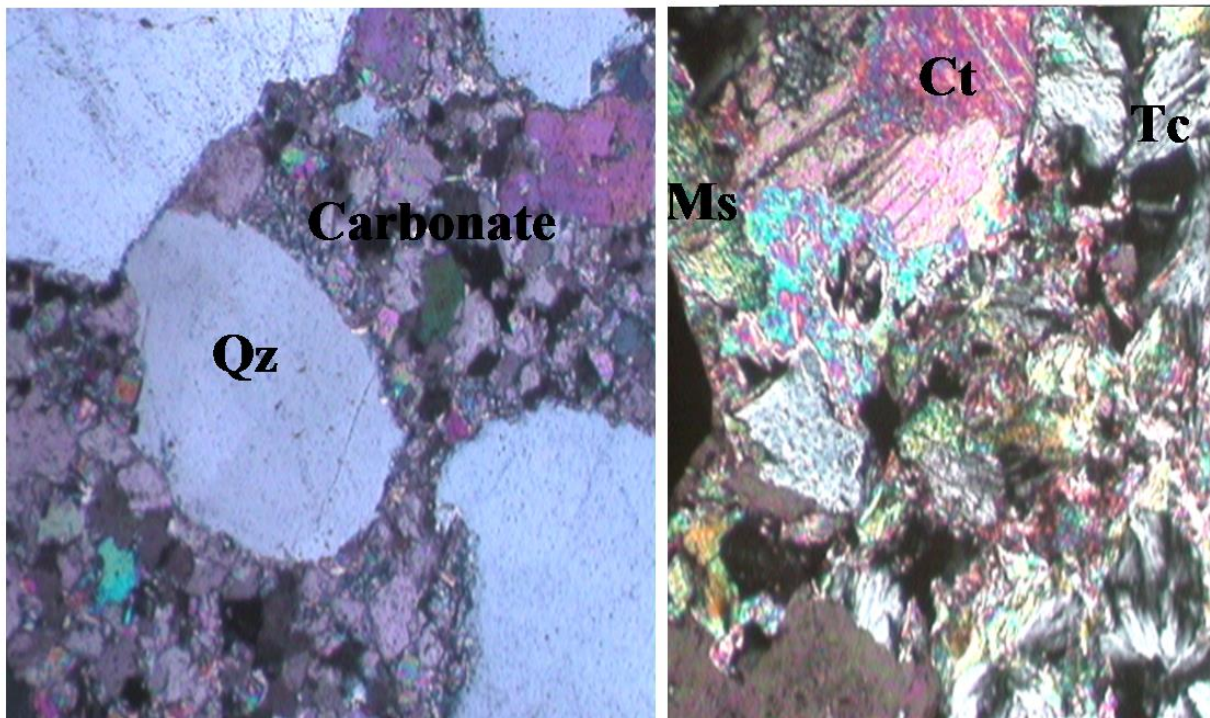


Fig 19 : Photos microscopique des Grès, d'après le rapport synthétique d'Agoujgal (Qz : Quartz , Ct : Calcite , Ms : Muscovite) Objectif*10

Les grès sont composées essentiellement par :

- Quartz essentiellement

- Ciment carbonaté (Calcitique)
- Muscovite
- Les oxydes de fer
- Malachite
- Covellite

L'analyse microscopique des échantillons montre que les grès sont formés de quartz de taille variable (quelques mm) liés par un ciment carbonaté. Une silicification tardive attaque le ciment carbonaté. Les cavités sont le siège d'une minéralisation à sulfures, carbonates de cuivre et oxyde de fer.

La roche est constituée essentiellement par des phénocristaux de quartz. Le talc remplace la muscovite Ces minéraux phylliteux (mica blanc et talc) occupent en association avec les minéraux opaques les microfissures, qui sont généralement des oxydes de fer

Les observations macroscopiques et microscopiques ont permis de mettre en évidence d'éléments pouvant servir à l'interprétation de la mise en place de la minéralisation cuprifère du gisement d'Agoujgal :

1. La minéralisation cuprifère est encaissée au niveau de la couverture adoudounienne (excepté les calcaires inférieurs) avec un enrichissement au niveau des dolomies de Tamjout et les grès dolomitiques.
2. Structures des corps minéralisés : forme disséminée dans les grès dolomitiques, dans la dolomie de Tamjout et dans les siltites, et forme filonienne dans les grès dolomitiques et dans certains niveaux de la dolomie Tamjout.
3. Mise en évidence de phénomènes de dissolution au niveau de la dolomie de Tamjout et les grès dolomitiques qui sont à l'origine des cavités piégeant la minéralisation cuprifère.
4. Importante fracturation au niveau de la dolomie de Tamjout et en moindre mesure dans les grès dolomitiques
5. L'existence d'une paragenèse minérale primaire et une autre secondaire avec des textures de remplacement.

6. Phénomène d'altération et d'oxydation supergènes, à l'origine de l'apparition et l'abondance d'espèces minérales plus riches en cuivre telles que la chalcocite II, la covellite, la malachite et l'azurite.

Il se dégage de ces éléments que la mise en place de la minéralisation cuprifère d'Agoujgal se serait faite suite à une succession chronologique d'événements et de processus géologiques ayant affecté les formations de ce gisement :

- ✚ Événement synsédimentaire responsable de la mise en place de la minéralisation disséminée dans les siltites, dans la dolomie de Tamjout et les grés dolomitique
- ✚ Événement hydrothermal ayant engendré le remplissage des cavités de la dolomie de Tamjout et les grés dolomitiques et les fractures affectant ces deux formations,
- ✚ Altération supergène et cémentation de la paragenèse primaire responsable des dépôts et concentration des minéraux secondaires plus riche en cuivre.

❖ Suivi géologique et Production

i)-Rectification

La rectification est le décapage de la dernière couche du stérile dont la puissance ne dépasse pas 5m ; Il existe deux types de rectification :

- Rectification d'une couche stérile il s'agit donc d'une rectification stérile n'est pas échantillonnées ni stocké.
- Rectification d'une couche de minerai de faible teneur (dont la teneur est très inférieur à la teneur de coupure) c'est un réctife échantillonné et analyse et stocké selon leur teneur

ii)-Abattage minerais

Toujours sous la surveillance du géologue, premièrement se consiste dans l'implanter des sondages pour but générale de délimiter la morphologie du corps minéralisée, et pour estimer les teneurs et bien sur la diminution des décapages de « rectif » le plus possible.

Exemple de trou de foration dans la région de Taguelguizt extrémité EST d'Agoujgal :



Fig 20 : trou de foration , la région de Taguelguizt

La poursuite de l'exploitation à ciel ouvert en profondeur demande des investissements importants pour les décapages stériles, et une planification méthodique. En effet, une planification systématique est particulièrement nécessaire lors de la conception du contour d'une excavation pour optimiser la récupération métal et minimiser le décapage stérile.

La Démarche d'exploitation à ciel ouvert envisagée et retenue pour l'exploitation de gisement se fait par ces étapes :

- ✚ Délimitation géométrique de l'enveloppe minéralisée en se basant sur les plans niveaux de chaque tranche découverte.
- ✚ Deux à trois sondages courts additionnels sont parfois nécessaires pour obtenir plus d'information sur les dimensions de la bande minéralisée avant l'implantation des forages de sautage.
- ✚ Dépouillement des cuttings des sondages additionnels et estimation de la teneur avant les résultats d'analyse

Après les sondages et la récupération du contenu sous terrain, le géologue passe à l'étape de l'abattre pour estimer les teneurs, l'estimation se fait visuellement et avec l'habitude le géologue puisse donner des données plus ou moins exactes.

Et voilà ce tableau résume, les différentes observations que le géologue note dans son rapport après chaque abatter , et cette étape se fait fréquemment pour chaque 1 mètre de profondeur

Terme	Teneur en %
A mouche	< a 0,1 Du Cuivre
A éléments	0,1< Teneur < 0,5 Du Cuivre
A epsilon	0,5< Teneur < 0,9 Du Cuivre
A faible Trace	0,9< Teneur < 1,5 Du Cuivre
A Trace	1,5< Teneur < 3 Du Cuivre
A Bon Trace	>3 teneur

Tableau 2 : Les descriptions des teneurs observées pendant l’abatter



Fig 21 : Photo gauche : échantillon en cours de l’opération de l’abatter

Photo droite : Engin Roc

❖ Conclusion :

d'une façon générale , et d'après l'étude cartographique , pétrographique et métallogénique , la région de taguelguizt est une région moins concentré du minerai par rapport à agoujgal , puisque la minéralisation est piégé dans des dépressions selon le paleorelief , et la mise en place de la première minéralisation stratiforme elle n'était pas déposée par une façon régulière et homogène , le socle est composé par des batholites granitique irrégulière , qu'a laissé des Creus de migration du minerai cuprifère vers des zones de dépression

Du point de vue structurale, la région est affecté par un régime distensive , qu'a causé dans la plus part du temps soit des failles normale généralement orientée N-S jusqu'à N40 en moyen , ou des mini failles normale conjugués de la même direction, et l'ensemble traverser par des dykes doléritique basique.

La minéralisation est représentée par des carbonates du cuivre comme la malachite et l'azurite ou bien des sulfures comme la calcosine et la covellite , cette minéralisation est concentré dans un premier temps au sein de la série de base et les dolomie de tamjout , puis diffusée par une activité hydrothermale , soit dans les grès dolomitique ou même au sein des dolomies , et la preuve ici c'est l'abondance des géode remplie par le quartz, la calcite, les ocres rouge et jaune , avec la malachite et la chalcosine , et la deuxième preuve c'est l'existence de la chalcosine minéral typique des filons hydrothermaux, Dans les zones d'oxydation des gisements de cuivre en présence d'oxygène.

Annexe1

❖ Fiche d'identité du Cuivre et ses utilisations :

Le cuivre est un élément chimique de symbole Cu et de numéro atomique 29. Naturellement présent dans la croûte terrestre, il est essentiel au développement de toute forme de vie. Le cuivre est un métal ductile possédant des conductivités électrique et thermique particulièrement élevées qui lui confèrent des usages variés. Il intervient également comme matériau de construction et entre dans la composition de nombreux alliages.

Comme l'argent et l'or, le cuivre se travaille facilement, étant ductile et malléable. La facilité avec laquelle on peut lui donner la forme de fils, ainsi que son excellence conductivité électrique le rendent très utile en électricité. Le cuivre présente une couleur rougeâtre, orangée, ou brune due à une couche mince en surface (incluant les oxydes). Le cuivre pur est de couleur rose saumon. Il est aussi appelé le «métal rouge».

On trouve usuellement le cuivre, comme la plupart des métaux à usage industriel ou commercial, sous une forme polycristalline à grains fins. Les métaux polycristalline présentent une meilleure solidité que ceux sous forme monocristalline, et plus les grains sont petits, et plus cette différence est importante

On trouve le cuivre natif sous forme minérale (par exemple dans la péninsule de Keweenaw, Michigan). Les minéraux tels que ses sulfures : chalcopirite (CuFeS_2), bornite (Cu_5FeS_4), covelline (CuS), chalcosine (Cu_2S) sont des sources de cuivre, de même que ses carbonates : Azurite ($\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$) et Malachite ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) et un de ses oxydes : cuprite (Cu_2O)

Le cuivre se trouve généralement dans :

- ⇒ Dans des zones poreuses des basaltes : les réactions entre solution hydrothermale et minerais ferrifères génèrent le cuivre des principaux gisements de ce minéral. Dans la presqu'île de Keenawa, les couches de basalte alternent avec des grès et des conglomérats, les cavités sont remplies par le cuivre associé à la calcite, l'épidote, des minéraux

cuprifères, des zéolites, un peu d'argent ; d'importantes masses de cuivre (jusqu'à 500 000 kg) y ont été rencontrées.

⇒ Dans des grès et des schistes, où le cuivre est probablement d'origine hydrothermale.

⇒ Présent dans les météorites

On peut trouver le cuivre dans ces minerais :

✓ **Sulfures :**

La chalcopryrite : CuFeS_2 : (Cu_2S , Fe_2S_3)

La bornite : Cu_5FeS_4 : ($5\text{Cu}_2\text{S}$, Fe_2S_3)

La covellite (covelline) : CuS

La chalcocite : Cu_2S

✓ **Sulfosels :**

L'énargite : Cu_3AsS_4 : ($3\text{Cu}_2\text{S}$, As_2S_5)

Les cuivres gris (série tétraédrite-tennantite)

✓ **Oxydes :**

La cuprite : Cu_2O

La tenorite : CuO

✓ **Carbonates :**

L'Azurite : $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$: (2CuCO_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$)

La Malachite : $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$: (CuCO_3 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$)

✓ **Silicates :**

Le Chrysocolle : $(\text{Cu, Al})_2\text{H}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$

✓ **Sulfate et chlorure :**

La Brochantite : $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6$

L'Atacamite : $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$

Annexe2

❖ Les Méthodes d'exploitation et traitement de minerais :

Le gisement cuprifère d'Agoujgal subit une extraction à ciel ouvert grâce à la forme stratiforme du gisement et sa faible profondeur.

Les minerais sulfurés et carbonatés sont traités par le procédé de flottation, alors que les minerais oxydés donnent lieu, de leur côté, à un traitement spécial et particulier par voie chimique.

La première étape du traitement des minerais pour l'obtention du concentré consiste en des opérations successives :

Tamisage puis concassage, broyage et triage, qui les transforment en poudre grossière, sur laquelle on ajoute de l'eau.

Puis par un traitement de flottation dans l'eau puis de décantation, qui consistent à faire remonter à la surface la partie la plus riche du minerais pour le fractionner de la boue qui restent au fond du bain, on obtient un concentré contenant 25 à 40 % de cuivre.

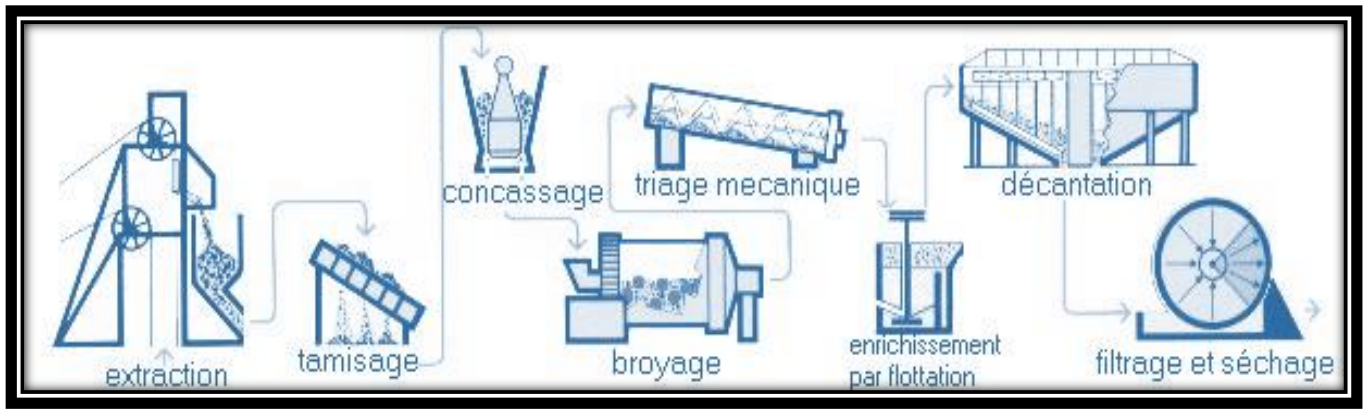


Fig 22 . Les différentes étapes du traitement du minerai

Références bibliographique :

- **K.Lachhab, El.Akdim 2012** : Rapport de synthèse du gisement cuprifère d'agoujgal (AGM).
- **N.Mhah, J.Ait Talleb 2011** : Rapport de fin d'étude de l'Institut des mines de marrakech (IMM).
- **A.Elkouraichi, A.Elmansouri 2010** : Rapport de fin d'étude de l'Institut des mines de marrakech (IMM).
- **Wazan et J.R 1987** : travaux d'exploration effectués au anti-atlas occidental boutonnière de kerdous.
- **Hassenforder 1987** : La carte géologique de la boutonnière de Kerdous.
- **Choubert G. 1963** : Histoire géologique du Précambrien de l'Anti-Atlas, tome 1, Notes et Mém. Serv. Géol.Maroc, 1963
- **A.Saidi** : D'après le cours du Geologie du Maroc , Log stratigraphique de l'Anti-atlas.
- **Baoutoul .H, Maacha .L, Zouhair . M, Mhaili .M,ENNACIRI. A , A. Soulainmani** : Model génétique des minéralisation cuprifères associées à la couverture infracambrienne d'Agoujgal et leur relation avec les roches ignées du socle. (Anti-Atlas occidental AGOUJGAL , Maroc) Managem/ ONA, Faculté des Sciences Semlalia - Marrakech
- **GoogleMap**
- **AutoCad**
- **StereoNet 9**