

Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Faculté des Sciences et Techniques

www.fst-usmba.ac.ma



Année Universitaire: 2016-2017



Master Sciences et Techniques : Géoressources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Exploration minière par cartographie de surface, pétrographie et étude géochimique en vue d'implantation d'un nouveau puits dans la mine d'argent d'Imiter (Tinghir).

Présenté par:

BADIOUI KAOUTAR

Encadré par:

- Mr. MUSTAPHA OURIBANE, SMI (Société métallurgique d'imiter, MANAGEM)
- Pr. RAOUF JABRANE, FST de Fès
- Pr FATIMA EL HAMMICHI, FPL de TAZA

Soutenu le 15 Juin 2017 devant le jury composé de:

- Pr. RAIS Naoual
- Pr. El HAMMICHI Fatima
- Pr. El GAROUANI Abdelkader
- Pr. RAOUF Jabrane

Stage effectué à : SMI (MANAGEM)





Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Nom et prénom: BADIOUI KAOUTAR

Année Universitaire : 2016/2017

Titre: Exploration minière, par cartographie de surface, pétrographie et étude géochimique, en vue d'implantation d'un nouveau puits dans la mine d'argent d'Imiter (Tinghir).

Résumé

Dans une mine la poursuite de l'exploration minière et la recherche assurent une longue vie d'exploitation et de rentabilité, les projets de mine en ce moment sont l'exploration des anciens travaux et carrières que d'après l'histoire des portugais et des russes ils étaient riches en argent sauf les moyens d'extraction et d'exploitation n'y étaient pas présents, d'où la structure B7 fait partie d'une zone vierge que la mine a décidé de lui redonner vie l'année dernière. Le projet de cette exploration a donné des résultats satisfaisants en termes de teneur et le tonnage estimé être exploité. C'est pour cela le métal dans une mine ce n'est pas seulement le fond, le scheidage, mais aussi bien les carrières de jour, les digues et les stériles contrôlés.

La zone d'étude faisant partie du socle d'Imiter est constitué des formations attribués au néoprotérozoïque inferieur PII déformé lors des événements panafricains B1 et B2, constitués principalement des grés, des pélites et des gréso-pélites. La couverture volcano-sédimentaire vers le nord du secteur est d'âge néo-protérozoïque supérieur PIII repose en discordance angulaire sur le socle gréso-pélitique PII, affecté essentiellement par la phase hercynienne, commence par des conglomérats de base surmontés par des facies pyroclastites (tufs et ignimbrites traversés par un réseau de dykes basiques, intermédiaires a acides.

Les deux grandes familles de failles N-S et E-W renfermées dans un couloir de cisaillement ont permis l'ouverture des fentes, filons minéralises et le remplissage des différents types de dykes. Pendant la première phase structurale, la faille d'Imiter avait un jeu inverse dextre qui a permis l'ouverture des pulls apparts et leur remplissage de minéralisation provenant d'une circulation de fluide hydrothermal qui déposera de l'argent dans une gangue de quartz gris.

Durant la deuxième phase, le jeu est normal et senestre qui a donné la fermeture de quelques pulls apparts et la remobilisation de la minéralisation par un autre fluide hydrothermal pour la déposer dans une gangue carbonatée c'est le cas pour la structure B7, ayant des indices de minéralisations en surface comme la galène. La structure minéralisée trouvée avec des teneurs très importantes est encaissé dans des formations géologique d'âge PII dans un réseau de failles a différents pendages, sachant que la zone d'argent est associée a des teneurs élevées en métaux de base tels que le cuivre, le plomb, le zinc. En se basant sur les différents résultats obtenus et les études de faisabilité et rentabilité le puits peut être implanté dans le plus bref délai.

Mots clés: Argent, Imiter, Anomalie, Minéralisation, Puits, Teneur, Tonnage, Imiter, Argent, Anti-Atlas, panafricain, épithermal, tranchée, Axe B7, teneur, puissance minéralisée..

TABLE DES MATIERES

LISTES DES FIGURES	5
REMERCIEMENTS	8
RESUME	9
ABSTRACT	10
INTRODUCTION	12
Chapitre I : GENERALITES	13
I.1. LA BOUTONNIERE D'IMITER	13
I.1.1. Situation géographique de la mine	13
I.1.2. Aperçu géologique régional de la mine	13
I.1.3. Cadre géologique local de la mine	14
I.1.4. Cadre hydrologique hydrogéologique et climatologique	16
I.1.5. Typologie des corps minéralisés	17
I.1.6. Paragenèse et formation du gisement argentifère	18
Chapitre II : METHODES D'EXPLOITATION DE LA MINE	20
II.1. METHODE D'EXPLOITATION TMR	20
II.2. METHODE D'EXPLOITATION SNA	21
II.3. METHODE D'EXPLOITATION CPP	21
Chapitre III : CARTOGRAPHIE, EXPLORATION MINIERE, ANALYSE STRCUTURALE, ET ETUDE GEOCHIMIQUE	22
III.1. INTRODUCTION	22
III.2. BUT ET METHODES	22
III.3. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE	23
III.4. CADRE GEOLOGIQUE ET LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE	23
III.4.1. Echantillonnage et description a l'œil nue des facies	23
III.4.2. Description macroscopique	
III.4.4. Coupes géologiques N-S de la zone d'étude	
III.4.5. Carte lithologique de synthèse des facies géologiques de la zone d'étude	
III.4.6. Log stratigraphique et synthèse	
III.4.7. Réalisation des tranchées et échantillonnage	
III.4.8. Résultats des analyses géochimiques	
III.5. ETUDE STRUCTURALE ET ANALYSE DES CONRAINTES	

III.5.1. Structures mineurs	62
III.5.2. Structures majeures	65
III.6. ETUDE GEOCHIMIQUE DU SECTEUR D'ETUDE	69
III.6.1. Carte d'anomalie géochimique d'argent	70
III.6.2. Carte d'anomalie géochimique de cuivre	71
III.6.3. Carte d'anomalie géochimique de zinc	72
III.6.4. Carte d'anomalie géochimique de plomb	73
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	74
BIBLIOGRAPHIE	76
ANNEXE (Tableau)	79

LISTES DES FIGURES

Figure I.1: Localisation géographique du gisement d'IMITER sur un extrait de carte routièn	
Figure I.2: Le massif précambrien de l'anti atlas dans lequel est encaissé le gisement d'IMITER	
Figure I.3: Carte géologique de la boutonnière d'IMITER (Le BLANC)	
Figure I.4: Carte de localisation de la rivière de Todgha	
Figure I.5: Carte géologique illustrant les formes géométriques des différents corps	
minéralisés	. 18
Figure I.6: Model génétique épithermal argentifère d'IMITER (BARROUDI et al. , 1998).	
Figure II 1: Schéma dela méthode d'exploitation TMR	. 20
Figure II 2: Méthode d'exploitation CPP	
Figure III 1: Image satellitaire du secteur d'étude a l'aide d'une localisation GPS et une	
projection sur GOOGLE EARTH	
Figure III.2 : Photo d'un schiste et son plan de schistosité	
Figure III.3 : Photo des gréso-pélites du secteur	
Figure III. 4 : Photo d'un dyke basique sombre	
Figure III.5 : Photo d'un dyke acide rhyolitique claire	
Figure III. 6 : Photo d'une brèche tectonique du secteur d'étude	
Figure III.7 : Photo des brèches volcaniques, hydrothermales d'origine magmatique	
Figure III.8 : Photo des pélites noires mettant en évidence une schistosité très remarquable	: 27
Figure III.9 : Photo du contact de la série méta sédimentaire du PII et la série méta	
sédimentaire du PIII	
Figure III.10 : Photo des conglomérats d'âge néo-protérozoïque supérieur PIII	
Figure III. 11: Photo des granodiorites provenant de Jbel Taouzzakt	
Figure III.12 : Photo des tufs volcaniques et des ignimbrites	
Figure III.13 : Photo des conglomérats du quaternaire	
Figure III.14 : Photo d'une prise macroscopique des grés du PII	
Figure III.15 : Photo d' une prise macroscopique des pélites noires du PII	
Figure III.16 : Photo d'une prise macroscopique des gréso-pélites	
Figure III.17 : Photo d'une prise macroscopique d'un dyke basique	
Figure III.18 : Photo d'une prise macroscopique d'une brèche volcanique du PIII	
Figure III.19 : Photo d'une prise macroscopique des tufs volcaniques du PIII	. 32
Figure III.20: Image satellitaire du trait de coupe A à l'aide d'une localisation GPS et une	. -
projection sur GOOGLE EARTH	
Figure III.21: Coupe géologique N-S (A) du secteur d'étude	. 33
Figure III.22: Image satellitaire du trait de coupe B à l'aide d'une localisation GPS et une	2.1
projection sur GOOGLE EARTH	34

Figure III.23: Coupe géologique N-S (B) du secteur d'étude	35
Figure III.24: Image satellitaire du trait de coupe C à l'aide d'une localisation GPS et une	
projection sur GOOGLE EARTH	36
Figure III.25: Coupe géologique N-S (C) du secteur d'étude	36
Figure III.26: Image satellitaire du trait de coupe C à l'aide d'une localisation GPS et une	
projection sur GOOGLE EARTH	37
Figure III.27: Coupe géologique N-S (D) du secteur d'étude	38
Figure III.28: Image satellitaire du trait de coupe C à l'aide d'une localisation GPS et une	
projection sur GOOGLE EARTH	39
Figure III.29: Coupe géologique N-S (E) du secteur d'étude	39
Figure III.30: Carte des facies géologiques de la zone d'étude	40
Figure III.31: Log stratigraphique caractéristique de la zone d'étude réalisé par GDM, et	
modifié par ADOBE ILLUSTRATOR	42
Figure III.32: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 1	44
Figure III.33: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 2	45
Figure III.34: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 3	46
Figure III.35: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 4	47
Figure III.36: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 5	48
Figure III.37: Coupe géologique du parement est de la tranchée 6	
Figure III.38: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 7	50
Figure III.39: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 8	51
Figure III.40: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 9	52
Figure III.41: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 10	53
Figure III.42: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 11	54
Figure III.43: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 12	
Figure III.44: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 13	56
Figure III.45: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 14	
Figure III.46: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 15	58
Figure III.47 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée2	
Figure III.48 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée3	59
Figure III.49 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée4	
Figure III.50 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée5	59
Figure III.51 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée6	
Figure III.52 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée7	60
Figure III.53 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée8	60
Figure III.54 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée9	60
Figure III.55 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée10	60
Figure III.56 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée11	60
Figure III.57 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée12	61
Figure III.58 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée 13	61
Figure III.59: Plan AUTOCAD 2D de la structure minéralisée B7	
Figure III.60 : Image d'une microstructure : Filon de quartz	
Figure III.61 : Image d'une microstructure : Filon de quartz riche en oxydes de souffre,	
oxydes de fer, chlorite.	63

Figure III.62 : Image d'une microstructure : Dyke acide rhyolitique	63
Figure III.63 : Image d'une microstructure : Dyke acide (granodiorites)	
Figure III.64 : Image d'une microstructure : Dyke basique en boules	64
Figure III.65 : Image des fentes de quartz encaissées dans des grés du PII	64
Figure III.66: Schémas illustrant le mécanisme de formation d'une fente de tension	64
Figure III.67: Projection stéréographique de structures mineures du secteur d'étude	65
Figure III.68 : Image illustrant le jeu de la méga faille d'Imiter	66
Figure III.69 : Image illustrant le jeu d'une faille affectant un banc de grés	66
Figure III.70 : : Image illustrant la charnière d'un pli anticlinal	66
Figure III.72: Projection stéréographique de structures majeures du secteur d'étude	67
Figure III.75: Carte micro - structurale finale de la zone d'étude	67
Figure III.74: Carte structurale finale de la zone d'étude	68
Figure III.75: Carte d'anomalie géochimique d'argent Ag de la zone d'étude	70
Figure III.76: Carte d'anomalie géochimique du cuivre Cu de la zone d'étude	71
Figure III.77: Carte d'anomalie géochimique du zinc Zn de la zone d'étude	72
Figure III.78: Carte d'anomalie géochimique du plomb Pb de la zone d'étude	73
LISTE DES TABLEAUX	
Tableau III.1 : Résultats de l'étude pétrographique	80

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer mes remerciements les plus chaleureux à la direction de la société métallurgique d'Imiter(SMI) au nom directeur Monsieur M. EL HAMDAOUI qui m'a accordé ce stage au sein de sa société au but de me donner l'occasion de confronter le domaine de travail au cours de ce stage de fin d'études.

Ainsi je n'oublie pas à remercier mon encadrant Mr. OURIBANE MUSTAPHA pour ses précieux et judicieux conseils, son encadrement, sa disponibilité et son suivi durant toute la période du stage. Il m'est donc très cher, monsieur, d'exprimer ma sincère reconnaissance pour votre effort et de n'avoir pas hésité à m'offrir toutes informations nécessaires à l'évolution de ma formation et mon stage, vous n'étiez non pas seulement un encadrant mais aussi un ami et un père qui faisait les mains et les pieds pour créer la bonne atmosphère de travail loin du stress. Mon remercient aussi aux chefs et aux cadres du service de la géologie Mr MOUHAGIR MOHAMED, Mr IBRAHIM AIT OUHMOU et Mr. OUTHOUNJIT SAID qui m'ont accueilli le premier jour de mon stage.

Mes vifs remerciements vont également à mon professeur encadrant au sein de la FACULUTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES, Mr. JABRANE RAOUF qui a contribué à ma formation par la qualité de son apport et ses conseils les plus rigoureux pour entamer un très bon rapport et un travail très valorisant, ainsi que mon co-encadrante Mme. HAMMICHI FATIMA de la FACULTE POLYDISCIPLINAIRE DE TAZA qui a assuré un suivi et une attention très rigoureux pour la réussite de ce rapport. Sans que j'oublie Mme. HALIMA CHOUKRI technicienne du laboratoire de la FST que je remercie chaleureusement pour le temps qu'elle m'a accordé pour la préparation des lames minces et leur interprétation.

Mes remerciements vont également à tous les géologues de service géologie et bien spécialement Mr. EL MAJDOUB que je remercie vivement grâce a son aide en tout ce qui concerne la géomatique, Mr. BILAL EL OUARGLI et Mr. DAOUD ABRDIL. Ainsi que les géomètres qui m'ont fourni toutes informations dont j'avais besoin et tout autre service qui veillent à un bon déroulement de mon stage et tout appétissant le stage au sein de la mine.

Mes sincères remerciements a tous les membres de jury Pr. NAOUAL RAIIS et Pr. EL GAROUANI ABDELKADER, et Pr. EL HAMMICHI FATIMA qui ont participé a la qualité de ma formation depuis le début de mon cursus universitaire dans plusieurs domaines (géochimie, géomatique, et minéralogie et pétrographie).

Ce rapport de stage est une dédicace à toute personne qui a participé de prés ou de loin a sa réussite et bien spécialement mon cher père, ma chère mère et mes chères sœurs que je remercie vivement grâce a leur soutien pendant toute la période de mes études.

RESUME

Dans une mine, la poursuite de l'exploration minière et la recherche assurent une longue vie d'exploitation et de rentabilité, les projets de mine en ce moment sont l'exploration des anciens travaux et carrières que d'après l'histoire des portugais et des russes ils étaient riches en argent sauf les moyens d'extraction et d'exploitation n'y étaient pas présents, d'où la structure B7 fait partie d'une zone vierge que la mine a décidé de lui redonner vie l'année dernière. Le projet de cette exploration a donné des résultats satisfaisants en terme de teneur et le tonnage estimé être exploité. C'est pour cela le métal dans une mine ce n'est pas seulement le fond, le scheidage... mais aussi bien les carrières de jour, les digues et les stériles contrôlés.

La zone d'étude faisant partie du socle d'Imiter est constitué des formations attribués au néoprotérozoïque inferieur PII déformé lors des événements panafricains B1 et B2, constitués principalement des grés, des pélites et des gréso-pélites. La couverture volcano-sédimentaire vers le nord du secteur est d'âge néo-protérozoïque supérieur PIII repose en discordance angulaire sur le socle gréso-pélitique PII, affecté essentiellement par la phase hercynienne, commence par des conglomérats de base surmontés par des facies pyroclastites (tufs et ignimbrites traversés par un réseau de dykes basiques, intermédiaires a acides.

Les deux grandes familles de failles N-S et E-W renfermées dans un couloir de cisaillement ont permis l'ouverture des fentes, filons minéralises et le remplissage des différents types de dykes.

Pendant la première phase structurale, la faille d'Imiter avait un jeu inverse dextre qui a permis l'ouverture des pulls apparts et leur remplissage de minéralisation provenant d'une circulation de fluide hydrothermal qui déposera de l'argent dans une gangue de quartz gris.

Durant la deuxième phase, le jeu est normal er senestre qui a donné la fermeture de quelques pulls apparts et la remobilisation de la minéralisation par un autre fluide hydrothermal pour la déposer dans une gangue carbonatée c'est le cas pour la structure B7, vu que la galène indice de la minéralisation argentifère est encaissée dans des dolomies.

La structure minéralisée trouvée avec des teneurs très importantes est encaissé dans des formations géologique d'âge PII dans un réseau de failles a différents pendages, sachant que la zone d'argent est associé a des teneurs élevés en métaux de base tels que le cuivre, le plomb, le zinc.

En se basant sur les différents résultats obtenus et les études de faisabilité et rentabilité le puits peut être implanté dans le plus bref délai.

ABSTRACT

In a mine the pursuit of mining exploration and research assure a long life of exploitation and profitability, the mine projects at this time are the exploration of the old works and quarries that according to the history of the Portuguese and Of the Russians they were rich in silver except the means of extraction and exploitation were not present, from which the structure B7 is part of a virgin zone that the mine decided to revive it last year. The exploration project yielded satisfactory results in terms of grade and estimated tonnage to be exploited. It is for this reason the metal in a mine is not only the bottom, the scheidage ... but also the day quarries, the dikes and the sterile ones controlled.

The study area forming part of the Imiter basement consists of the formations attributed to the lower neo-Proterozoic PII deformed during Pan-African events B1 and B2, consisting mainly of sandstones, pelites and sandstones. The volcano-sedimentary cover to the north of the Upper Neo-Proterozoic sector PIII is angularly inconsistent on the PII GRECO-PELITIC basement, mainly affected by the Hercynian phase, beginning with base conglomerates surmounted by pyroclastic facies (Tuffs and ignimbrites traversed by a network of basic, intermediate to acid dykes.

The two major N-S and E-W fault families enclosed in a shear corridor allowed the opening of the slits, mineralized veins and the filling of the different types of dykes.

During the first structural phase, the Imiter fault had a dextrous inverse play which allowed the open sweatshirts to be opened and filling them with mineralization from a circulation of hydrothermal fluid which deposited silver in a gray quartz matrix.

During the second phase, the play is normal and senestre which gave the closing of some sweatshirts and the remobilization of the mineralization by another hydrothermal fluid to deposit it in a carbonate gangue is the case for the structure B7, since The Galena index of silver ore mineralization is encased in dolomites.

The mineralized structure found with very high contents is collected in geological formations of age PII in a network of faults at different dips, knowing that the silver zone is associated with high contents of base metals such as copper, Lead, zinc.

Based on the different results obtained and the feasibility and profitability studies, the well can be installed in the shortest possible time.

ملخص

إن متابعة التنقيب عن المعادن والبحوث في المنجم تضمن استمرارية الاستغلال والمردودية، حاليا إن مشاريع التعدين واستكشاف الأشغال القديمة و استنادا الى تاريخ البرتغاليين و الروس في هذا الميدان كانت غنية بالفضة باستثناء وسائل استخ B7 ستغلال كانت غير موجودة، وبالتالي فإن هيكل هو جزء من منطقة فارغة الذي أحيى المنجم في العام الماضي وقد حقق مشروع هذا الاستكشاف نتائج مرضية من حيث المحتوى والحمولة تشير التقديرات يجب أن يستغل هذا هو السبب أن المعدن في منجم ليس فقط العمق، ولكن السيطرة على المحاجر يوم والسدود.

تشكل منطقة الدراسة جزءا من قاعدة Imiter تتكون تشكيلات المخصصة لنيوالبروتيروزوي PII, PIII في وجدت بنية التمعدن مع محتويات عالية جدا مخزنة في التكوينات الجيولوجية لحفبة PII, PIII في شبكة الفوالق واتجاهات مختلفة، مع العلم أن منطقة الفضة مرتبطة بكميات عالية من المعادن الأساسية مثل النحاس الرصاص والزنك.

استنادا إلى مختلف النتائج المحصلة ودراسة المردودية على البئر يمكن تنفيذها في وقت وجيز ممكن.

INTRODUCTION

La présente étude s'intègre dans le cadre d'un travail technique de recherche et d'exploration au sein de la société métallurgique d'Imiter, MANAGEM en collaboration avec la Faculté des sciences et techniques de Fes.

Ce travail de mémoire de fin d'études du Master technique en géo-ressources et environnement a duré environ quatre mois entre le travail du chantier de mine et le traitement des résultats et finalement la rédaction et la réalisation du rapport.

Le sujet sur lequel se déroulait mon stage a été proposé par e service géologie de la mine pour un projet d'exploration minier jour de surface d'une carrière vierge abandonné depuis les années 80 qu'on a nommé (Liaison axe B7-Puits4), ce travail que j'ai commencé depuis l'année dernière est toujours en cours d'exécution.

Les objectifs du projet sont multiples mais le but primordial de cette exploration est de mettre en évidence les zones d'anomalies structurales et géochimiques a potentiel argentifère remarquable et un tonnage en métal qu'on peut exploiter, dans le but d'implanter un nouveau puits au cas o la structure s'étale au fond. Les buts secondaires reviennent aux techniques du savoir faire c'est-à-dire l'initiation et la familiarisation avec les travaux du terrain (levées géologiques, géo-localisation, échantillonnage...) d'exploration et d'exploitation aussi bien que le travail du laboratoire, la manipulation des différents logiciels techniques de la géologie, la géophysique et les traitements d'image et enfin acquérir le sens de la responsabilité en ce qui concerne la prise de décision.

Ce travail ne peu être complété sans le respect d'une méthodologie de travail bien structurée :

- La cartographie et la familiarisation avec les facies géologiques de la zone d'étude ;
- L'échantillonnage et la description macroscopique et microscopique des facies dominants ;
- La réalisation des profils et des coupes N-S après avoir mis en évidence les zones d'anomalies structurels et les zones qui peuvent contenir une minéralisation ;
- La projection des résultats du terrain dans une carte géologie, structurale et géochimique...

Et aussi bien sans la présence des outils techniques et du laboratoire importants tels que :

- La boussole, marteau, GPS, plans, cartes...
- Logiciels de digitalisation, de traitement d'image, de la géophysique, du dessin mécanique...

L'argent est un élément chimique du numéro atomique 47, fait partie des métaux précieux qui alimente la richesse minérale du pays, il se trouve au sous sol sous l'état natif, une anomalie d'argent est toute teneur qui s'écarte de la norme >20(g/t), dans le cas d'un gisement est toute zone a potentiel minier très important dont son exploitation sera rentable économiquement.

Le travail du chantier, du laboratoire et du bureau on été rassemblés dans le rapport suivant subdivisé en quatre chapitres : le premier chapitre contenant toutes les généralités nécessaires a savoir sur la boutonnière d'Imiter de point de vue géologique, hydrologique, géographique... le deuxième chapitre renfermant un aperçu sur les méthodes d'exploitation de lamine le troisième chapitre retenant le travail technique de cartographie et d'exploration aussi bien l'interprétation des résultats, et finalement le quatrième chapitre est une conclusion et un ensemble de perspectives.

Chapitre I: GENERALITES

I.1. LA BOUTONNIERE D'IMITER

I.1.1. Situation géographique de la mine

L'anti atlas fait partie des 5 domaines géographiques structuraux du Maroc il s'étend depuis l'embouchure du Bas Draa à l'ouest jusqu'à Tafilalet à l'Est, il correspond a un vaste anticlinal dont la partie axial a été érodée en laissant affleurer des terrains précambriens de type boutonnières comme KERDOUS et ZENAGA.

Les terrains précambriens sont anciens à l'ouest plus que l'est ce qui traduit l'ennoyage progressif vers l'est de la ride anticlinal.

Au niveau des flancs sud de l'anti atlas affleurent des terrains paléozoïques dans les flancs à une faible déformation. Au Nord-ouest du continent africain, l'Anti-Atlas constitue le domaine austral du royaume.

La mine d'Imiter est située sur le flanc Nord-Ouest du Jbel Saghro, dans la province administrative de Tinghir, à mi-distance entre les villes de Boumalne de Dadés (Fig.I.1). L'accès à la mine se fait par une route goudronnée à 6 Km de la route principale N° 32 qui relie la ville d'Er-Rachidia et d'Ouarzazate. La mine se trouve à une altitude de 1500 m ou règne un climat semi-désertique.

Le gisement argentifère d'Imiter est réparti entre les altitudes 1498m et 1515m, aux coordonnées Lambert (récupérés à l'aide d'un GPS lors de la première sortie du terrain) :

X = 467.000 à 471.00

Y= 82.500 à 84.500

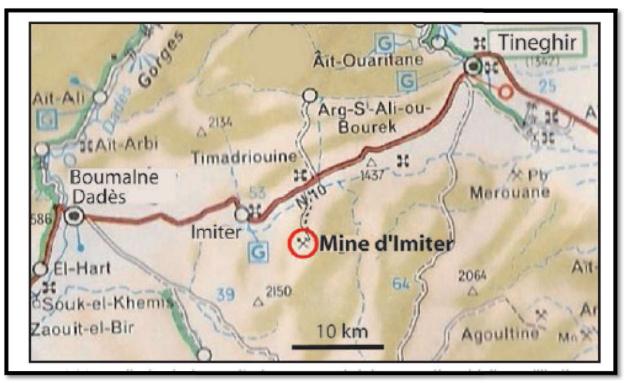


Figure I.1: Localisation géographique du gisement d'IMITER sur un extrait de carte routière

I.1.2. Aperçu géologique régional de la mine

La chaîne de l'Anti-Atlas se présente sous la forme d'un vaste bombement, anticlinal comportant en son cœur des affleurements de socle appelés boutonnières, elles-mêmes bordées par une couverture sédimentaire paléozoïque plissée. L'axe de cet anticlinal suit une orientation ENE-WSW. Le district minier d'imiter est situé dans la partie orientale de la chaine anti atlasique sur deux massifs précambriens :

Le massif du Jbel Saghro, s'étalant sur une superficie de près de 4000 km2, est limité au nord par les Vallées du Dadés et du Todgha, à l'est par l'Ougnat et le Tafilalt, au sud par le Jbel Bani et à l'ouest par la Vallée du Draa. Ce massif allongé selon une direction SW-NE est constitué de formations précambriennes actuellement à l'affleurement au cœur de boutonnières. Il renferme des districts miniers dont la situation géographique est :

- Le gisement de Bouskour se situe à 56 km à l'est de la ville d'Ouarzazate (Fig. I.2).
- Le district minier de Tiouit est situé dans la partie nord-est du Jbel Saghro oriental, dans le domaine de l'Anti- Atlas oriental. Il se trouve à environ 35 km au Sud-est de la ville de Boumalne-Dadés.
- Le district minier d'Imiter se localise dans l'Anti-Atlas oriental exactement au nord de Jbel Saghro oriental, à une distance d'environ 30 Km entre les villes de Tinghir et de Boumalne Dadés (Fig. I.2).

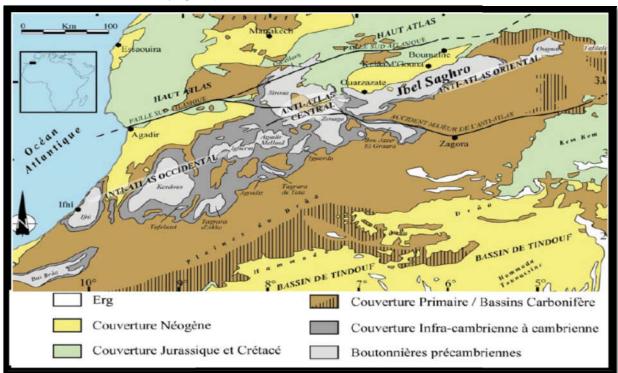


Figure I.2: Le massif précambrien de l'anti atlas dans lequel est encaissé le gisement d'IMITER

I.1.3. Cadre géologique local de la mine

Le gisement argentifère d'Imiter est encaissé dans les terrains méta sédimentaires de faible degré du Néo protérozoïque moyen et à la base des formations volcano-sedimentaires et volcaniques du Néo protérozoïque supérieur. Le Néo protérozoïque moyen est constitué principalement d'une série gréso-pélitique (Ouguir, 1997), intruse par des apex de granite. C'est le Groupe du Saghro de la classification De Thomas et al. (2004) et Gasquet et al. (2005, 2008). Ces terrains ont été structurés lors de l'orogenèse

panafricaine par un plissement d'axe E-W à ENE-WSW, accompagné d'une schistosité de plan axial (Ouguir et al., 1994) et contemporain d'un cisaillement dextre régional N70-90° (Tuduri, 2004). A ces évènements tectoniques s'associe un magmatisme calco-alcalin syncinématique de Composition dioritique et granodioritique (Ighid et al. 1989).

La couverture du Néo protérozoïque supérieur (Groupe de Ouarzazate ; Thomas et al. 2004) repose en discordance majeure sur le socle panafricain ; elle débute par des conglomérats de base, surmontés par un empilement sub-tabulaire de séquences volcaniques à prédominance de rhyolites, d'andésites et de pyroclastites associées. (Ouguir, 1997). L'ensemble est traversé par des dykes basiques, intermédiaires et acides, orientes E-W, ENE et NE, de signature isotopique calco-alcaline et d'âge Néo protérozoïque supérieur ou terminal (Ikenne et al. 2007). L'ensemble précèdent a été soumis à deux évènements tectoniques cassants antécambriens : une déformation transpressive dextre inverse le long des accidents EW et ENE (direction de compression NW à WNW ; Tuduri, 2004 ; Tuduri et al., 2005), et une tectonique transtensive durant laquelle les accidents E-W, ENE et NE ont rejoue en failles normales senestres permettant le développement de structures extensives en relai (pull part ; Ouguir et al., 1994), bien visibles sur la carte géologique d'Imiter(Fig.I.3).

Au nord de la boutonnière d'Imiter, les terrains du Néo protérozoïque supérieurs sont recouverts en discordance angulaire par les formations sédimentaires du Cambrien moyen. Celles-ci, sont représentées par un niveau métrique à conglomérats (brèche à Micmacas) et carbonates, à la base, surmontée par une série pélitique devenant gréseuse vers le haut. La série paléozoïque se poursuit vers le nord ou on trouve des terrains allant jusqu'au Carbonifère, avec des lacunes stratigraphiques locales.

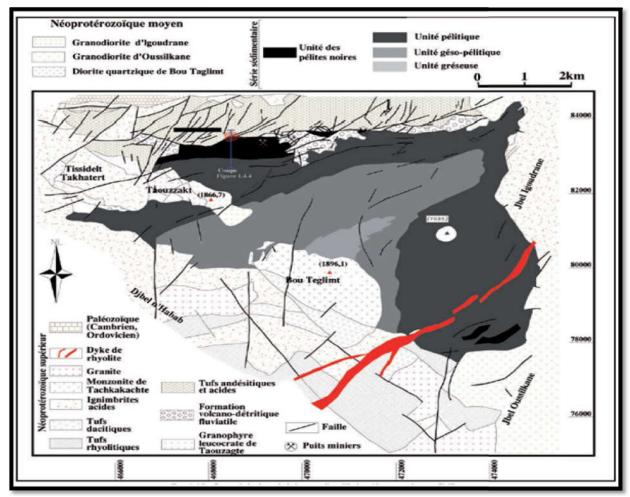


Figure I.3: Carte géologique de la boutonnière d'IMITER (Le BLANC, 1998)

I.1.4. Cadre hydrologique hydrogéologique et climatologique

La région est une immense oasis s'étendant sur environ 30 km de longueur et variant de largeur entre 200m en amont et 4 km en aval.

Le climat de la région est aride, (140mm/an, de manière irrégulière), avec des hivers frais, liés à l'altitude (1430 m en moyenne), et la latitude (31°30°).

Elle est néanmoins le point le plus élevé (en altitude) de culture du palmier dattier qui connait récemment un grave recul au profit de l'olivier.

La région est coincée entre deux massifs montagneux, s'étendant sur plus de 700 km de long, du sud-ouest au nord-est du Maroc : Le Haut Atlas central au nord culminant à plus 4 100 m (Adrar Mgoun). Le djebel Saghro au sud, continuité naturelle de l'Anti-Atlas.

On parle alors de sillon sud-atlasique, où se situe d'ailleurs la route allant de l'Ouarzazate au Tafilalt par Skoura, Mgouna, Dadés, Todgha, Ferkla, Gheris.

Pendant l'ère secondaire, cette région a été envahie périodiquement par la mer, d'où d'épais dépôts de sédiments riches en fossiles marins (les ammonites étant largement représentées) (Ighid et al. 1989).

La surrection de l'Atlas, durant le tertiaire principalement, provoque le retrait de la mer et les déformations des strates de roches (plis, failles). L'érosion éolienne et fluviale finit de façonner ce paysage désertique de roches calcaires et argileuses.

La rivière Todgha a creusé au cours du temps ces couches de roches, ce qui a donné naissance à d'impressionnantes gorges hautes de 300m.



Figure I.4: Carte de localisation de la rivière de Todgha

I.1.5. Typologie des corps minéralisés

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

Des corps sous forme d'amas subhorizontaux se concentrent au contact des formations du socle avec la couverture minéralisation est sous forme de stockwerk encaisse dans les conglomérats et les tufs de base du PIII. Ces corps ont constitué, dans le passe, l'essentiel de la minéralisation et sont actuellement épuisés.

Des filons a pendage nord, encaissés dans les petites associés aux accidents majeurs a jeux multiples. Ces corps sont puissants et présentent des teneurs élevées.

Des filons a pendages sud, sécants sur la lithologie ; ils ont été mis en évidence récemment. Ils sont sous forme de fentes intimement liées aux accidents majeurs, dont ils reflètent le rejeu cassant synchrone de l'évènement minéralisateur. Ils sont peu puissants mais s'étendent horizontalement sur plusieurs centaines de mètres.

L'ensemble de ces corps présentent des textures rubanées ou béchiques ou les éléments de l'encaissant (socle, couverture et dykes) sont cimentés par une gangue de quartz et carbonatés (dolomite et/ou calcite). Ils ont un grand axe horizontal et une extension verticale très limitée à l'exception du gisement d'Igoudrane.

D'un point de vue structural, la Minéralisation est associée à une déformation cassante accompagnée par le développement de structures en ≪pull-a part ≫ et par l'ouverture de veines NW, E-W et ENE (structures à quartz et carbonates minéralisés,) ainsi qu'à une

fracturation hydraulique de large extension. Le mécanisme d'ouverture des structures minéralisées serait lié à la tectonique transpressive dextre inverse (Tuduri, 2004 ; Tuduri et al. 2005). Des études structurales complémentaires sont en cours pour affiner le modèle structural d'Imiter.

La mine d'Imiter est connue par la contribution de plusieurs produits comme :

Plomb : 4%, Cuivre : 4%, Fluorine : 8%, Lingots d'or : 10%, Cobalt : 17%, Zinc : 22% et l'Argent : 28%.

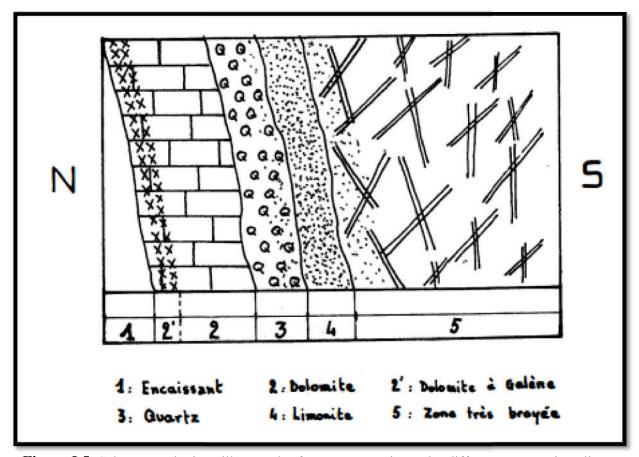


Figure I.5: Schéma géologique illustrant les formes géométriques des différents corps minéralisés

I.1.6. Paragenèse et formation du gisement argentifère

Il s'agit d'un gisement de type épithermal neutre : se forme dans une position nettement plus distale par rapport à la source magmatique et il s'est mis en place plus tardivement après les éruptions volcaniques majeures. Il constitue des gisements de petite taille souvent riches en argent, avec Au, Pb et Zn.

Deux modèles s'affrontent quant à l'élaboration d'un modèle génétique :

Dans le premier cas, la formation du gisement d'Imiter au moyen de modèles polyphasés est caractérisé par des épisodes successifs de re-concentrations (tectono-métamorphique, magmatique et volcanique) d'un stock métal argentifère syngénétique étroitement associé aux pélites noires.

Dans le second cas on accorde plus d'importance au volcanisme felsique tardi-Néo protérozoïque, invoquant une forte participation mantellique comme source de stock d'argent, et accordant une contribution faible à modérée à l'existence de préconcentrations métalliques

dans les pélites noires. Ces deux cas, s'accordent à penser qu'une tectonique distensive caractéristique de la transition Précambrien-Cambrien favoriserait la formation de pièges structuraux.

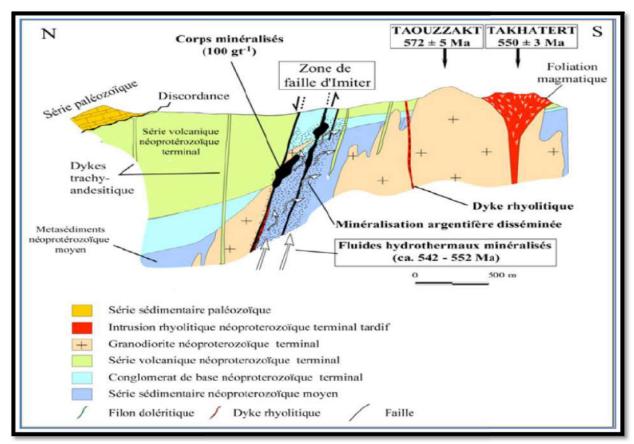


Figure I.6: Model génétique épithermal argentifère d'IMITER (BARROUDI et al., 1998)

Chapitre II: METHODES D'EXPLOITATION DE LA MINE

II.1. METHODE D'EXPLOITATION TMR

Tranches Montantes Remblayées (TMR) est une méthode de dépilage dans laquelle le minerai est abattu et déblayé par tranches prises en montant, le remblai est mise en place laissant entre remblai et minerai en place, un espace permettant le travail (Fig. II.1).

Dans cette méthode le minerai est exploité en tranches horizontales. La chambre est ouverte à la base de bloc exploité et l'exploitation progresse par tranches montantes.

Le minerai abattu est complètement chargé est évacué. Après l'enlèvement d'une tranche, le volume correspondant est remblayé. Le remblayé sera à la fois du support aux épontes et de plancher pour l'excavation de la tranche suivante.

Elle consiste au un découpage du gisement à travers des galeries d'attaques, tout subdivisant, le corps minerai en certains étages dont la hauteur est de l'ordre de 20m, chaque étage sera ensuite découper en tranches de 4m d'épaisseur ce qui équivalent en moyenne 5 tranches par étage. A partir des galeries d'attaques. On accède aux chambres primaires par des galeries de pente -15° à $+15^{\circ}$. La galerie d'attaque communique avec une rompe longeant, le gisement depuis le niveau supérieur jusqu'à la base du gisement.

Après l'exploitation de la chambre on procède à son remblayage avec du remblai cimenté, sur une hauteur d'environ 4m et sur toute la langueur de la chambre (Fig. II.1).

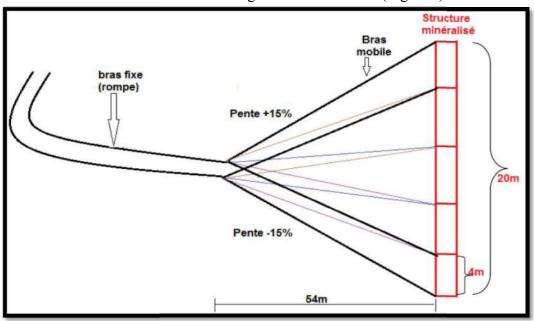


Figure II 1: Schéma dela méthode d'exploitation TMR

L'avancement dans le gradin se fait par bloc élémentaire appelé volée (3.5m de longueur). L'exploitation de chaque volée, appelée prise de volée, suite au cycle d'exploitation suivant :

- 1) Foration : permet de mettre des trous au front à l'aide de jumbos ou de marteau.
- 2) Le tir : est l'opération qui suit la foration et qui consiste à charger les trous par l'ammoniac et des cartouches d'explosion.
- 3) Le marinage (ou déblayage): permet de transporté le minerai résultant du tir par des scopes ou torons vers les cheminées.

- 4) Extraction : extraire le minerai ou le stérile de la salle de chargement (chambre magazine) vers le jour par le skips.
- 5) Le remblayage : remplir les vides résultants de l'extraction du minerai avec du remblai cimenté (béton).

II.2. METHODE D'EXPLOITATION SNA

La méthode des Sous-Niveaux Abattus (S.N.A) est également utilisée chaque fois que les caractéristiques morphologiques du filon minéralisé le permettent. Actuellement, elle ne concerne qu'une part minime de la production.

II.3. METHODE D'EXPLOITATION CPP

La méthode chambre par piliers (CPP), consiste en une variété de chambres vides ou seulement une partie du minerai est extrait, le reste étant laissé sous forme de piliers pour supporter le toit. Ces piliers peuvent être abandonnés définitivement ou bien récupérés plus tard. La dimension des chambres et des piliers dépend de la stabilité du toit et du minerai, de l'épaisseur du gisement et des pressions de terrain. Cette méthode est la seule qui soit applicable pour le minage de gisements plats et étroits.



Figure II 2: Méthode d'exploitation CPP

Chapitre III: CARTOGRAPHIE, EXPLORATION MINIERE, ANALYSE STRCUTURALE, ET ETUDE GEOCHIMIQUE

III.1. INTRODUCTION

La cartographie, l'étude géochimique, et l'analyse structurale ainsi que la modélisation des différentes structures font toutes des composantes de l'exploration minière qui permet de voir le terrain sur un plan et d'y repérer les formations géologiques et mettre en valeur leurs propriétés lithostratigraphique, couleur, forme, puissance minéralisée, direction et pendage. Les résultats de ces observations et de ces calculs présenteront un atout pour orienter l'exploration minière a fin de chercher sur le terrain l'extension de la structure minéralisatrice argentifère et le développement du gisement sur le plan de l'exploitation. Ces résultats seront présentés dans une carte qui est le fruit de touts travaux effectués sur la zone.

Vu que, j'ai commencé ce projet depuis l'année dernière il est indispensable d'utilisé ces anciens travaux (analyses géochimiques, levés topographiques, cartes géophysiques, plan modélisés, les coupes des anciens tranchées...).

Les tranchées sont des excavations linéaires orientées N-S par rapport à l'axe B7 orienté E-W qui permettent d'atteindre les structures et les couloirs minéralisés et de les échantillonner (Fig. III.1). La taille et la longueur des tranchées dépendent principalement de l'extension de la structure minéralisée et sa direction dans le terrain.

III.2. BUT ET METHODES

La cartographie de terrain ainsi que la réalisation de la carte géologique du secteur d'étude nécessitent une succession d'étapes à suivre et une multitude d'outils informatiques et techniques qu'on associe avec le travail de terrain pour pourvoir comprendre la géologie du terrain et son impact sur la minéralisation ce qui définit l'exploration minière. Les étapes sont les suivantes :

- -Echantillonnage et description des facies géologiques existants dans la zone d'étude ;
- -Détermination du but de la cartographie qui réside dans la mise en évidence de la déformation ainsi que l'orientation des structures et leur rôle dans la mise en place de la minéralisation argentifère ;
- -Géolocalisation et délimitation de la zone d'étude, formations et structures à l'aide d'un GPS :
- -Evaluation d'une échelle adéquate pour la réalisation des coupes et des cartes pour mettre en évidence tous les détails du terrain traversé ;
- -Réalisation des levées géométrique des points repères de la zone d'étude à l'aide du tré-pied ou le GPS ;
- -Prise des photos claires illustrant la formation ou la structure intéressante ;
- -Mesure et prise de note des différentes orientations, localisations, directions, pendages, et pitch des structure qu'on rencontre dans le secteur : faille, schistosité, stratification, plis, dyke, filon... a l'aide de la boussole ;
- -Projection des données du terrain sur la carte géologique élaborée ;
- -Réalisation des coupes à travers des fonds topographiques tout au long du secteur ainsi que des levés géologiques des tranchées faisant partie de la zone ;

-Rapporter les dessins des coupes sur un papier millimétrique, et la digitalisation des cartes a l'aide d'AUTOCAD, ARCGIS, ADOBE ILLUSTRATOR, MAP INFO dans le but de corréler entre les différentes coupes géologiques réalisées et l'établissement d'une carte géologique qui la litho stratigraphie et la géologie su secteur d'étude.

III.3. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

La liaison Axe B7- puits4 c'est la carrière située plus a l'est de la boutonnière, a l'est de la carrière B8, et a l'ouest du puits 4 et a 3km de la piste qui emmène a la sortie de la mine. La zone recouvre une topographie très variable en fonction de l'altitude ainsi que l'existence de plusieurs reliefs qui diffère d'une zone a une autre.

Les coordonnées GPS de la zone sont comme suivantes :

Latitude : 31°20'37,96'' N Longitude : 5°42'05,58'' O

Altitude : 1522 m

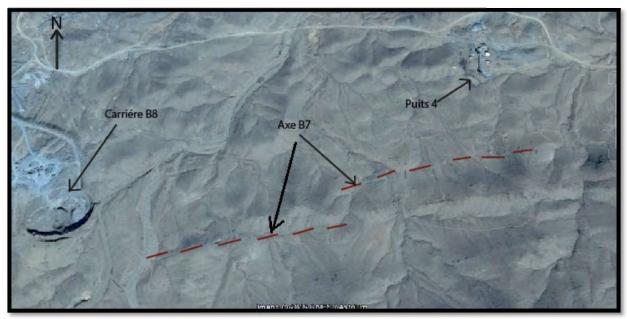


Figure III 1: Image satellitaire du secteur d'étude a l'aide d'une localisation GPS et une projection sur GOOGLE EARTH

III.4. CADRE GEOLOGIQUE ET LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

III.4.1. Echantillonnage et description a l'œil nue des facies

De point de vue globale et à l'échelle de toute la boutonnière, le gisement argentifère d'Imiter est encaissé dans les terrains méta-sédimentaires de faible degré du Néo- protérozoïque moyen et a la base des formations volcano-sédimentaires et volcaniques du Néo-protérozoïque supérieur.

D'après les thèses des différents géologues (Hindermeyer et al. 1974-1977), le néoprotérozoïque est formé d'une série gréso-pelitique (Ouguir, 1997), intrudée par des apex de granite. Ces terrains ont été structurés lors de l'orogenèse panafricaine par un plissement d'axe E-W a ENE-WSW, accompagné d'une schistosité de plan axial (Ouguir et al.,1994) et contemporain d'un cisaillement dextre régionalN70-90° (Tuduri, 2004). A ces événements tectoniques s'associe un magmatisme calco-alcalin syncinématique de composition dioritique et granodioritique (Ighid et al1989). La couverture du Néo-protérozoïque supérieur (Groupe de Ouarzazate; Thomas et al., 2004) repose en Discordance majeure sur le socle panafricain. La série du néo-protérozoïque supérieur débute par des conglomérats de base, surmontés par un empilement subtabulaire de séquences volcaniques à prédominance de rhyolites, d'andésites, des tufs volcaniques et de pyroclastites associés (Ouguir, 1997). L'ensemble est traversé par des dykes basiques, intermédiaires et acides de signature isotopique calcoalcaline et d'âge néo-protérozoïque supérieur ou terminal (Ikenne et al., 2007). Au nord de la boutonnière d'Imiter, les terrains du Néo-protérozoïque supérieur sont recouverts en discordance angulaire par les formations sédimentaires du Cambrien moyen (les grés de Tabanite et les schistes à micas).

• Les schistes du PII : D'âge néo-protérozoïque inférieur de la boutonnière d'imiter à l'est de l'axe B7 –puits4 indiquent un régime compressif. C'est une roche qui a une particularité d'avoir un aspect feuilleté et de se débiter en plaques fines ou feuillets rocheux, qui indiquent la présence d'une schistosité. Cette roche peut avoir deux origines : sédimentaire argileuse ou bien métamorphique mais dans notre cas il s'agit d'un schiste d'origine métamorphique qui s'est formé dans des conditions de pression et de température très importantes. La schistosité de ces schistes comporte deux plans de schistosité S1 et S2.



Figure III.2 : Photo d'un schiste et son plan de schistosité

Les gréso-pélites du PII : D'âge néo-protérozoïque inférieur de la boutonnière d'imiter
à l'est de l'axe B7 –puits4 font partie de la série méta sédimentaire dominante dans le
secteur, il s'agit d'une association ou une alternance des grés et des pélites. C'est une
formation caractérisée par une dureté très importante due au grés ainsi que des
stratifications a leur surface suivant le plan de la schistosité qui donne un aspect

stratifié a la formation gréso-pélitique. Les grés de cette zone sont très poreux et contiennent une fraction très faible des argiles.



Figure III.3: Photo des gréso-pélites du secteur

• Les dykes basiques PII : D'âge néo-protérozoïque inférieur de la boutonnière d'imiter de à l'est de l'axe B7 –puits4 sont des filons d'une roche magmatique infiltré dans une fracturation de l'encaissant, de ce fait les dykes recoupent les autres roches qu'ils traversent. Le dyke est phénomène intrusif dans une fissure d'ouverture transversale et de point de vu âge il est toujours récent que l'encaissant. Les dykes basiques du secteur ont une coloration noire sombre pauvre en silice entre 45% et 52%. Il s'agit d'une roche mafique riche en éléments féro-magnésiens d'où il s'agit tantôt d'un gabbro et tantôt d'un basalte, andésite ou des diorites.



Figure III. 4: Photo d'un dyke basique sombre

• Les dykes acides PII : D'âge néo-protérozoïque inférieur de la boutonnière d'imiter à l'est de l'axe B7 –puits4. Ces dykes acides du secteur sont composés principales des rhyolites ayant une coloration clair à structure microlitique.



Figure III.5: Photo d'un dyke acide rhyolitique claire

Les brèches tectoniques PII: D'âge néo-protérozoïque inférieur de la boutonnière d'imiter à l'est de l'axe B7 –puits4. Les brèches tectoniques dans le secteur d'étude sont généralement des pélites noires ayant un aspect broyé à leur surface indiquant le passage d'une faille d'un rejet très fort qui a érodé leur surface. Les brèches sont constituées de fragment unis par un ciment. La présence de ces brèches dans la zone indique que la zone est d'une tectonique très cassante avec une dominance des failles.



Figure III. 6 : Photo d'une brèche tectonique du secteur d'étude

• Les brèches hydrothermales PII : D'âge néo-protérozoïque inférieur de la boutonnière d'imiter à l'est de l'axe B7 —puits4. La brèche hydrothermale est issue de la circulation souterraine d'une eau chaude chargée en minéraux dissous, cette circulation est favorisée par une source de chaleur telle qu'une zone magmatique tel qu'il est le cas de la boutonnière d'imiter vu que ses brèches se situent non pas très loin de la méga failla d'imiter qui a assuré les ouvertures pour la circulation du fluide hydrothermale. Ces brèches hydrothermales sont appelés aussi brèches volcaniques composés des fragments volcaniques et magmatiques avec un ciment de cendre.



Figure III.7: Photo des brèches volcaniques, hydrothermales d'origine magmatique

 Les pélites noires PII : D'âge néo-protérozoïque inférieur de la boutonnière d'imiter à l'est de l'axe B7 –puits4. La pélite est une roche schisteuse d'origine sédimentaire ayant un aspect feuilleté et une coloration noire sombre du à la présence de la matière organique.



Figure III.8 : Photo des pélites noires mettant en évidence une schistosité très remarquable

• Le contact du PII-PIII: Le contact du néo-protérozoïque moyen et le néoprotérozoïque supérieur est défini sur le terrain par le niveau repère des conglomérats du PIII provenant des Oueds qui ont permis leur mise en place par un écoulement fluviatile fort qui a déterminé la forme et la taille des éléments.



Figure III.9 : Photo du contact de la série méta sédimentaire du PII et la série méta sédimentaire du PIII

• Les conglomérats PIII : De la série d'âge néo-protérozoïque supérieur du secteur étude est une roche détritique issue de la dégradation mécanique de roches composées de morceaux discernables liés entre eux par un ciment naturel. Ce genre de formation est d'origine sédimentaire situés au voisinage de l'oued traversant l'axe B7, ils sont polygéniques, polymétriques, ayant des formes diversifiées avec une abondance de la forme arrondi ce qui indique un écoulement des eaux de l'oued très fort, ces conglomérats sont principalement cimentés et mises en place dans des grés ou des gréso-pélites c'est-à-dire dans des formations d'alternance des grés et des pélites.



Figure III.10: Photo des conglomérats d'âge néo-protérozoïque supérieur PIII

• Les granodiorites PIII : Issu du massif de Taouzzakt, sont des formations dures et de grandes tailles formées principalement des granodiorites transportés vers les terrains méta sédimentaire par l'écoulement fort des eaux de l'oued.



Figure III. 11: Photo des granodiorites provenant de Jbel Taouzzakt

• Les tufs volcaniques : D'âge PIII le néo-protérozoïque supérieur se sont mis en contact sur les couches méta-sédimentaire du PII par une concordance ou par un contact faillée tel qu'il est le cas de mon secteur d'étude. Les tufs proviennent des roches epiclastites qui est un matériau volcaniques qui s'est déposé loin de la source du

volcan, ce type de coulées de lave à deux natures de dépôt soit des tufs volcaniques ou bien des ignimbrites.



Figure III.12: Photo des tufs volcaniques et des ignimbrites

• Les conglomérats du quaternaire : Du quaternaire sont polygéniques et polymétriques, il ya ceux qui sont triangulaires et ceux qui sont arrondis. Ce genre de formations s'installe au niveau de l'oued qui est au voisinage de la piste à l'ouest du puits 4, ayant un milieu de dépôt fluviatile.



Figure III.13: Photo des conglomérats du quaternaire

III.4.2. Description macroscopique

Après avoir échantillonné les différents faciès contenant des grains inconnus, on procède par un sillage puis une observation à l'aide d'une loupe qui aide à distinguer le type des grains dont le diamètre est supérieur à1mm.

• Les grés du PIII : de la série néo-protérozoïque inférieur du secteur d'étude, sont constituées de quartzs blancs et de feldspath. Ce type de grés est formé des fentes de tension remplies par les éléments d'altération de la roche gréseuse tels que les micas, la muscovite et les plagioclases.



Figure III.14: Photo d'une prise macroscopique des grés du PII

 Les pélites noires : De la série néo-protérozoïque inférieur du secteur ont gardé leur pourcentage de carbone graphite ce qui leur donne une couleur noire sombre contrairement aux schistes qui ont subit un lessivage lors de leur dépôt. Les pélites mettent en évidence les plans de schistosité S1 causés par le métamorphisme de contact qui est dominant dans le secteur d'étude et se manifeste généralement par des plis.



Figure III.15: Photo d'une prise macroscopique des pélites noires du PII

• Les gréso-pélites du PII : De la série néo-protérozoïque inférieur du secteur d'étude, sont composés d'un mélange entre une composition gréseuse et une autre des schistes avec des pourcentages différents.



Figure III.16: Photo d'une prise macroscopique des gréso-pélites

• Les dykes dioritiques basiques du PII: De la série néo-protérozoïque supérieur du secteur d'étude, sont sombres et répandus dans les massifs granitiques formé des éléments tels que les plagioclases, les feldspaths, quartz, biotite et le hornblende.



Figure III.17: Photo d'une prise macroscopique d'un dyke basique

Les brèches volcaniques du PIII : De la série néo-protérozoïque supérieur du secteur d'étude, sont composés d'une association des différents éléments fins ou grossiers, de roches sédimentaires ou métamorphiques rencontré par la lave volcanique. Ce type de brèche d'âge PII sont composées de fragments de roches volcaniques comme les tufs ou bien sédimentaires et un ciment de cendre et de lapillis. Les éléments sont polygéniques, anguleux et polymétriques.



Figure III.18: Photo d'une prise macroscopique d'une brèche volcanique du PIII

• Les tufs volcaniques du PIII: De la série néo-protérozoïque supérieur du secteur d'étude, sont composés d'une roche généralement tendre d'après sa texture résultant de la consolidation des débris volcaniques. Dans ce type de tufs rencontrés dans le gisement d'Imiter les tufs différent de tailles des éléments ainsi que leur aspect, mais généralement ils proviennent des tephras de petite taille qui s'acculement en emprisonnant parfois des fragments plus gros. Ces éléments se sont consolidés par l'action de la lave volcanique qui s'associe à l'eau et à l'air libre.



Figure III.19: Photo d'une prise macroscopique des tufs volcaniques du PIII

III.4.3. ETUDE PETROGRAPHIQUE

L'observation des différents facies a été effectué a l'aide d'un microscope électronique spécial pour interpréter les sections des minéraux par lumière polarisée analysée et lumière polarisée, et un microscope a balayage spécial pour l'interprétation des différents métaux que contient l'échantillon au sein de laboratoire de la FST d'où les lames et les sections polis ont été réalisés dans l'atelier.

L'échantillon du dyke basique contient des plagioclases, des pyroxènes et des feldspaths, l'échantillon des pélites noires ave les fentes de dolomies citent de la calcite et du quartz, l'échantillon des gréso-pélites contient des oxydes de fer et des feldspaths, l'échantillon minéralisé contient du quartz, la zoisite a forte biréfringence un minéral automorphe ayant un système cristallin de type automorphe et fait partie de la famille des épidotes, et les métaux : la galène qui se manifeste par des triangles d'arrachement aussi bien de l'agent, et finalement pour les sections plis ou on a fait juste une détection de métaux les granodiorites sont riches en sphalérite et chalcopyrite et les tufs volcaniques spécialement formés des oxydes de fer.

L'observation microscopique a permis de dévoiler les différents métaux et minéraux dominants dans les facies analysés, les résultats d'étude pétrographique ont été rapporté dans un tableau (**Tableau III.1** dans l'annexe).

Tableau III.1 Les observations microscopiques de quelques facies

III.4.4. Coupes géologiques N-S de la zone d'étude

Le but principal de l'élaboration des coupes géologiques N-S est la représentation géométrique des terrains et des facies géologiques qu'on établit à partir des données recueillies du terrain et de la carte topographique.

L'ensemble des coupes géologiques permettront par la suite d'entamer une carte géologique de la zone d'étude grâce à une corrélation entre les couches des différentes coupes réalisées.

L'ensemble des coupes géologiques ont été réalisées à l'aide des logiciels : ADOBE ILLUSTRATOR pour la représentation des couches et des faciès, et AUTOCAD pour le géoréférencement, et finalement ARCGIS pour la corrélation des coupes au but d'obtenir la carte litho-géologique finale. Les coupes géologiques réalisées sur le secteur d'étude sont les suivantes :

III.4.4.1. Coupe géologique N-S : A

La coupe géologique N-S (A), est située à l'extrême Est de l'axe B7 à 1Km du puits 4, qui s'entend sur une distance de 1100 m, ayant des coordonnées GPS (Latitude : 31°20'20,13"; Longitude : 5°41'58,41"; Altitude : 1580m) (Fig.III.20 et Fig.III.21).

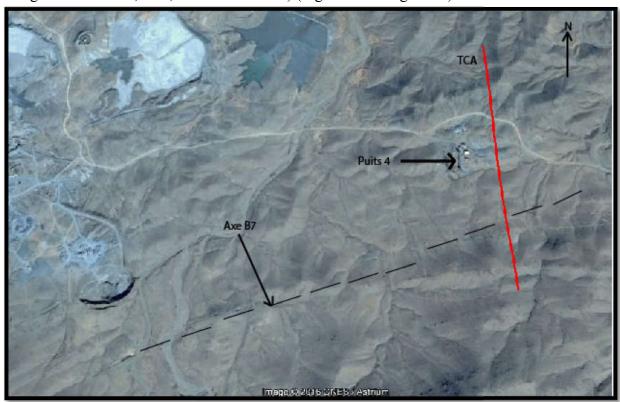


Figure III.20: Image satellitaire du trait de coupe A à l'aide d'une localisation GPS et une projection sur GOOGLE EARTH

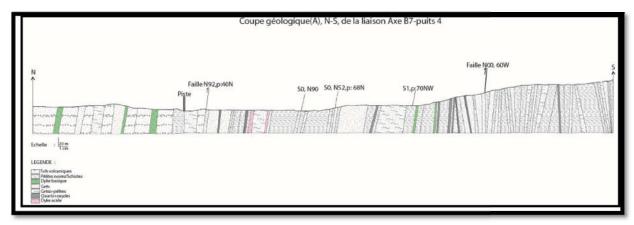


Figure III.21: Coupe géologique N-S (A) du secteur d'étude

L'axe B7 anciennement vierge, actuellement est en activité minière est représenté par des terrains d'âge néo-protérozoïque moyen PII et néo-protérozoïque supérieur PIII. Au sud de l'axe B7 on trouve généralement des terrains massifs des grés, des schistes, des gréso-pélites, des pélites gréseux, quelques dykes basiques dioritiques, des dykes acides rhyolitique, et des filons de quartz qui se composent généralement des oxydes et de la chlorite l'ensemble de ces

formations font partie du néo-protérozoïque moyen PII, la ou la schistosité S1 et S2 sont très développées .Par contre, au nord de l'axe B7 on se retrouve généralement dans des terrains d'âge néo-protérozoïque supérieur PIII de type intrusions basiques (batholites) ou bien des tufs volcaniques issus des émissions de lave qui circule à la surface de différents types (Fig. III.21).

Au nord de la piste se localise la faille d'Imiter responsable de la minéralisation argentifère qui a causé l'affaissement du PIII vers le PII et des ouvertures qui ont été remplies par l'argent ou autre minéral tel que la pyrite. Le miroir de la faille est très apparent a la surface au contact des grés du PII avec les tufs du PIII la ou on trouve des stries qui mentionnent généralement le type du jeu de la méga faille qui est un jeu décrochant à régime compressif (Fig. III.21).

III.4.4.2. Coupe géologique N-S : B

La coupe géologique N-S B est située à l'extrême Est de l'axe B7 à 1Km du puits 4, qui s'entend sur une distance de 1100 m ayant des coordonnées GPS (Latitude : 31°20'14,98'' Longitude : 5°42'02,42'' ; Altitude : 1610m) (Fig.III.22 et Fig.III.23).

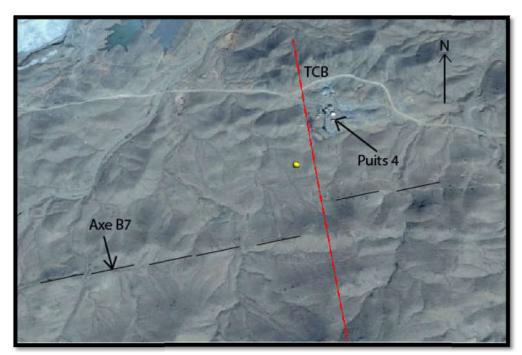


Figure III.22: Image satellitaire du trait de coupe B à l'aide d'une localisation GPS et une projection sur GOOGLE EARTH

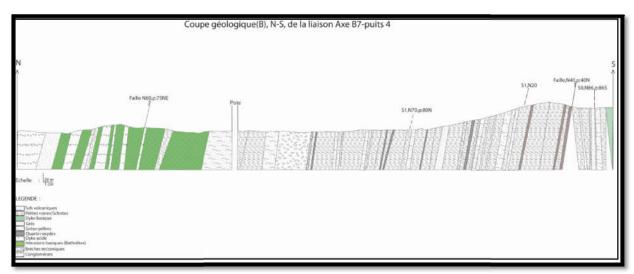


Figure III.23: Coupe géologique N-S (B) du secteur d'étude

La coupe B de direction N-S n'est pas très différente de la coupe A vu que le décalage entre les deux descriptions est de 100 m de distance.

Au sud de la coupe les terrains généralement sont d'âge du néo-protérozoïque moyen PII avec des couches qui ont un pendage sud, puis il commence a changer en allant vers le nord a cause des failles de diaclase qui se sont mises en place ou bien des failles de remplissage qui ont donné des fentes de quartz d'origine métamorphique de type métamorphisme de contact ce qui désigne une compression intense qui a attaqué la zone qui se manifeste par des plis d'où les charnières ont été érodées par les oueds ou bien par le vent.

La base du néo-protérozoïque supérieur PIII et la fin du néo-protérozoïque moyen PII se manifeste toujours par des conglomérats de base de type polymétriques, polygéniques et hétérogènes avec un ciment généralement gréseux ou schisteux (Fig. III.23).

L'existence des brèches tectoniques (les formations broyées) indique la présence des couloirs de failles dans la zone, il s'agit donc des dérivés du couloir de cisaillement issu de la grande faille compressive et décrochante d'Imiter, c'est la cause pour laquelle on trouve un puits au voisinage de la coupe (Fig. III.23).

Vers le nord de la coupe on trouve un grand massif basique (batholites en vert foncé) arrêté par quelques intrusions des tufs volcaniques qui ont été affectés par la méga faille minéralisatrice

III.4.4.3. Coupe géologique N-S : C

La coupe géologique N-S n°: C est située à l'extrême est de l'axe B7 à quelques mètres du puits 4, qui s'entend sur une distance de 1100 m, d'où le décalage entre une coupe et une autre est au voisinage de 100 m ayant des coordonnées GPS (Latitude : 31°20'22,84''; Longitude : 5°42'05,80'' ; Altitude : 1588m) (Fig.III.24 et Fig.III.25).

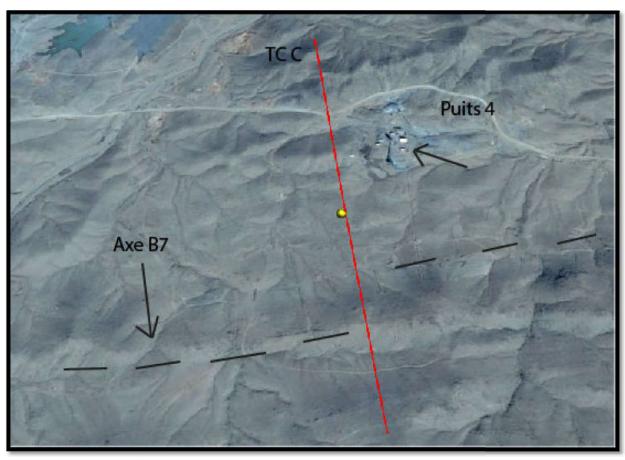


Figure III.24: Image satellitaire du trait de coupe C à l'aide d'une localisation GPS et une projection sur GOOGLE EARTH

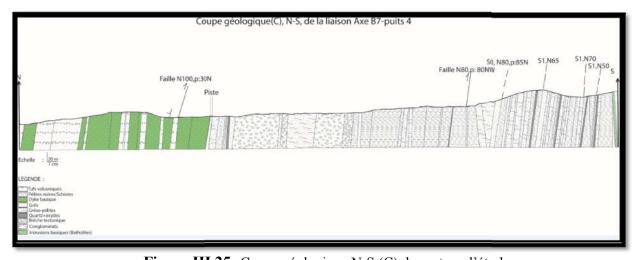


Figure III.25: Coupe géologique N-S (C) du secteur d'étude

La coupe C est située auprès d'un décalage de 100 m par rapport à la coupe B d'une direction N-S

Au sud de la coupe les couches d'âge néo-protérozoïque moyen PII ont un pendage sud qui devient un pendage nord en allant vers le nord de la coupe. Ce changement de pendage est du aux failles qui se manifestent dans cette description par des brèches tectoniques broyées qui peuvent contenir une minéralisation telles que la galène et la pyrite.

Quelques mètres avant la piste la base du néo-protérozoïque supérieur PIII se manifeste toujours par des conglomérats de base arrondies et de différentes tailles et origines (Fig. III.25).

Juste après la piste on a la mise en place de grands blocs des batholites qui représentent des miroirs de failles bien striés indices du passage de la méga faille d'imiter qui n'a presque pas changé de direction et du pendage tout au long des trois coupes réalisées. Ces derniers sont traversées par des formations volcano-sédimentaires de différents type de dépôt d'où on trouve des tufs volcaniques litées, des tufs volcaniques epiclastites différent généralement de la manière d'arrangement des éléments issus de la lave volcanique et leur contact avec les formations sedimentaires de la surface (Fig. III.25).

III.4.4.4. Coupe géologique N-S : D

La coupe géologique N-S n°: D est située à l'extrême est de l'axe B7 a quelques mètres de la grande station de la digue, qui s'entend sur une distance de 1100 m, ayant un décalage par rapport a la coupe C de 320 m vu que les structures sont similaires, ayant des coordonnées GPS (Latitude : $31^{\circ}20'18,45''$; Longitude : $5^{\circ}42'21,44''$; Altitude : 1568m) (Fig.III.41 et Fig.III.42)

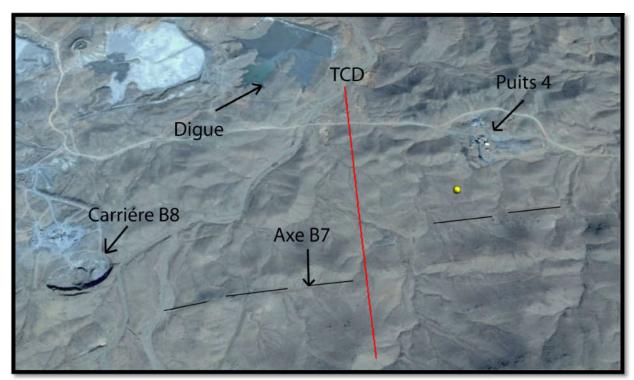


Figure III.26: Image satellitaire du trait de coupe C à l'aide d'une localisation GPS et une projection sur GOOGLE EARTH

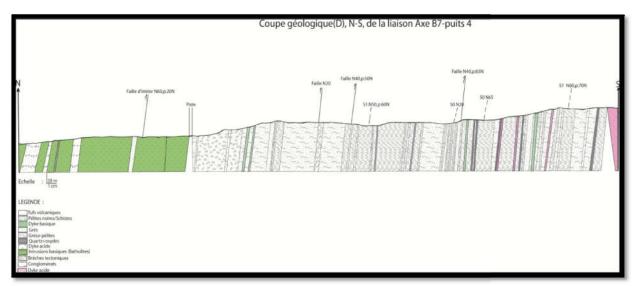


Figure III.27: Coupe géologique N-S (D) du secteur d'étude

La coupe D est située auprès d'un décalage de 320 m par rapport à la coupe C d'une direction N-S à l'est de la carrière B8 et au sud de la digue.

Au sud de la coupe les couches d'âge néo-protérozoïque moyen PII commencent à voir un pendage nord qui s'accentue en allant vers la piste. Les failles situées dans la zone sont le résultat du grand couloir de cisaillement causé par la méga faille d'Imiter. Ces failles donnent des brèches tectoniques broyées a leur surfaces qui peuvent être minéralises tels qui est le cas de la coupe D d'où vers la faille N40 on a un couloir des pélites noires broyées riche en galène, pyrite et chalcopyrite qui présentent des indices de la minéralisation argentifère donc il s'agit d'une structure minéralisée ayant son extension vers l'ouest de la coupe (Fig.III.27).. Au nord de la piste on trouve la faille d'imiter qui ne change toujours pas de direction et de pendage qui traverse les grands massifs des batholites et qui cause l'affaissement des couches volcano-sédimentaires du PIII vers les couches sédimentaires du PII. Ces formations volcaniques sont généralement de type tufs de type epiclastites ayant un regroupement des éléments de grande taille vu que la lave a été envoyée en surface (Fig.III.27).

III.4.4.5. Coupe géologique N-S : E

La coupe géologique N-S n $^{\circ}$: E est située à l'est de l'axe B7 a quelques mètres a l'ouest de la carrière B8 et sur l'axe B7, qui s'entend sur une distance de 1100 m, ayant un décalage par rapport a la coupe D de 150 m, ayant des coordonnées GPS (Latitude : 31,34019395 ; Longitude : 5,70680845 ; Altitude : 1568,15 m) (Fig.III.43 et Fig.III.44).

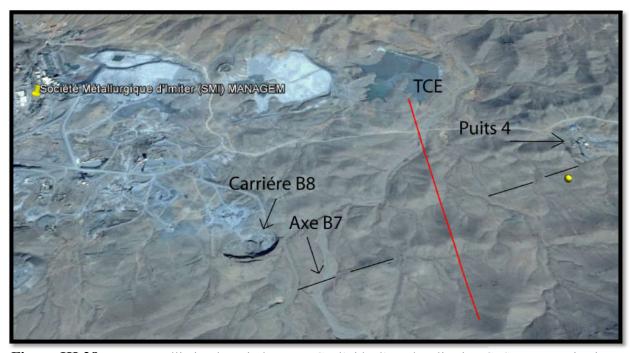


Figure III.28: Image satellitaire du trait de coupe C à l'aide d'une localisation GPS et une projection sur GOOGLE EARTH

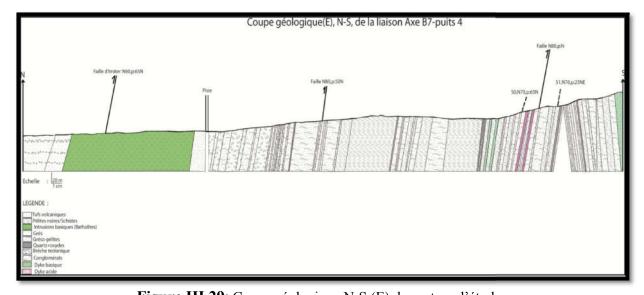


Figure III.29: Coupe géologique N-S (E) du secteur d'étude

La coupe E est située auprès d'un décalage de 150 m par rapport à la coupe D d'une direction N-S à l'est de la carrière B8 et au sud de la digue.

Le pendage sud des couches d'âge néo-protérozoïque moyen PII réapparait a nouveau dans cette coupe qui passe a travers l'axe B7, puis il commence à changer en allant vers la piste a un pendage nord grâce a des failles décrochantes qui passe à travers le secteur d'étude.

Au nord de la piste on a la mise en place des massifs basiques traversés par la faille d'Imiter et arrêtées de temps à autre par des tufs volcaniques (Fig. III.29).

Les descriptions des coupes sont très similaires vu que les terrains se rassemblent.

III.4.5. Carte lithologique de synthèse des facies géologiques de la zone d'étude

Après avoir cartographié toutes les facies géologiques du terrain et leurs contacts par des coupes géologiques d'une direction Nord-Sud, il suffit de corréler sur un plan entre les formations géologiques similaires pour obtenir une carte lithologique des faciès.

On scanne le plan 2D sous format papier sur lequel on a rapporté toutes données des coupes géologiques effectuées sur terrain, puis a l'aide du logiciel ARCGIS, on digitalise toutes les formations géologiques par des polygones pour leur affecter des motifs proches de la réalité en respectant l'échelle, les discontinuités, les limites des couches, ainsi que leur système de coordonnées en attribuant à la carte le système de projection convenable (NORD MAROC).

D'après la carte on distingue que toutes formations affleurant au de la de la piste est d'âge PIII constitués généralement des intrusions basiques doléritiques et des tufs volcaniques, tandis que les formations qui affleurent juste avant la piste sont d'âge PII formés des pélites, grés, gréso-pélites et des filons de quartz (Fig. III.30).

Au sein des formations PII et PIII affleurent des dykes tantôt basiques sombres avec un aspect en boules, tantôt acides claires.

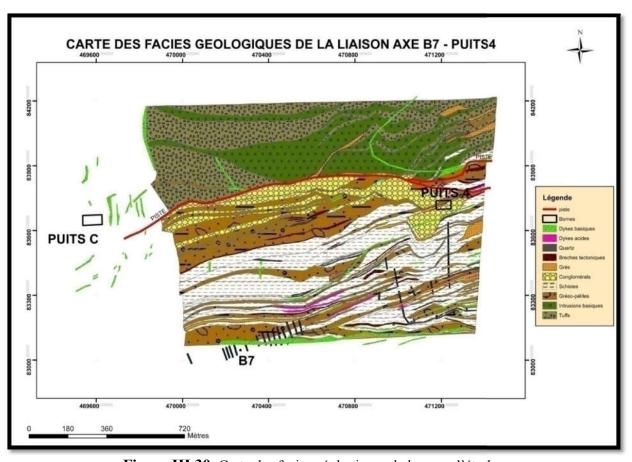


Figure III.30: Carte des facies géologiques de la zone d'étude

III.4.6. Log stratigraphique et synthèse

A l'aide du logiciel GDM qui est un logiciel de traitement des bases données ayant un fonctionnent tel que ARCGIS, AUTOCAD, et ADOBE ILLUSTRATOR.

Ce dernier permet d'obtenir des logs stratigraphiques descriptifs des couches qui caractérisent la zone d'étude.

La base de données Excel contient les données (lithologie, descriptions, épaisseurs, âge, codes spécial GDM...), le logiciel traite la base de données et affiche la fonction exécutée, dans notre cas il s'agit d'un log stratigraphique. Ce logiciel fonctionne en réseau protégé au sein des sociétés.

D'après la cartographie du terrain et les différents observations et descriptions (macroscopiques, microscopiques), il s'est avéré que le terrain est principalement composé des formations des grés, schistes, gréso-pélites, pélites-gréseux, dykes basiques et acides d'âge néo-protérozoïque moyen PII au sud. La série du néo-protérozoïque supérieur PIII commence par des conglomérats de base, cette dernière continue par des tufs volcaniques et des intrusions basiques de type batholites.

Un log stratigraphique est donc utilisé pour résumer les données de la carte géologique réalisée et les travaux de terrain (Fig. III.31).

D'où ce qui nous a permis de distinguer après la réalisation de ce log stratigraphique que la méga faille d'Imiter est a un jeu polyphasé qui a permis l'affaissement des blocs rocheux d'âge PIII au même niveau d'altitude que les couches du PII d'où et donc la création d'espace d'ouverture pour la mise en place des dykes du PII d'une part et les dykes du PIII d'autre part (Fig. III.31).

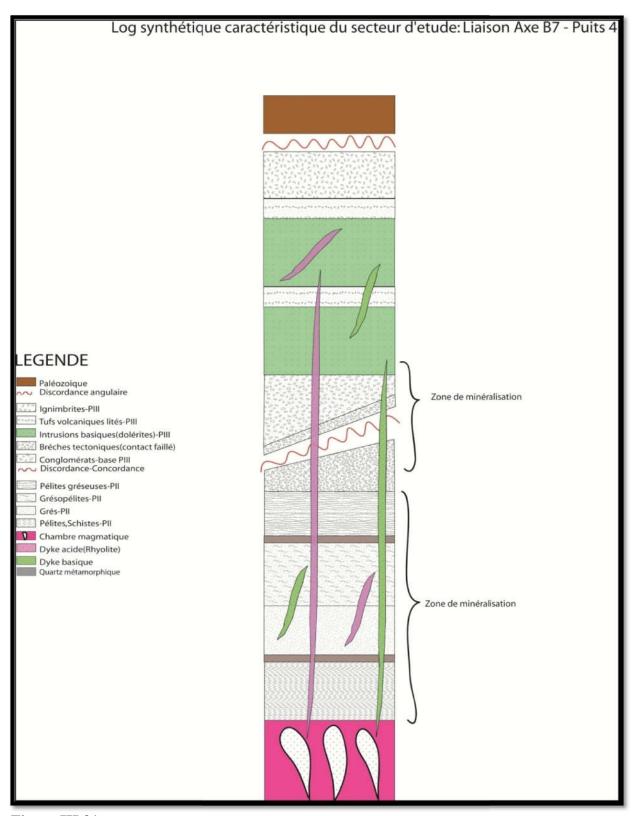


Figure III.31: Log stratigraphique caractéristique de la zone d'étude réalisé par GDM, et modifié par ADOBE ILLUSTRATOR

III.4.7. Réalisation des tranchées et échantillonnage

Comme l'exploration minière est une procédure qui passe par plusieurs étapes, la réalisation des tranchées est considérée comme étant une étape secondaire qui vient après la cartographie du terrain et la collecte des informations nécessaires tels que l'existence des failles, leurs directions, pendages, la mise en évidence des structures minéralisées et leurs extensions... Toutes ces informations sont présentées dans la carte litho-géologique réalisée a l'aide des coupes N-S du secteur.

La carte nous a permis de détecter quelques structures minéralisées avec des indices de galène, pyrite et de chalcopyrite qui sont des indices primordiaux de la présence d'argent ayant une direction E-W là, ou on a récupéré des échantillons et qui ont montré une teneur positive d'argent tout au long de l'axe B7. Les tranchées donc seront réalisées perpendiculairement à la structure d'une direction N-S.

L'échantillonnage est une étape très importante et la base de l'exploration minière et l'estimation du gisement, il doit alors être effectué avec des normes précises adaptées au type du gisement exploré pour que ça ne fausse pas les prédictions de la teneur, métal et du tonnage d'argent.

Chaque échantillon ne doit pas dépasser une puissance de 1,20m et s'il s'agit des dykes les échantillons doivent avoir une puissance qui ne dépasse pas 0,50m.

Les échantillons seront par la suite envoyés au laboratoire, et à l'aide d'un spectroscope à flamme on aura la teneur d'argent.

III.4.7.1. Coupe géologique de la tranchée 1

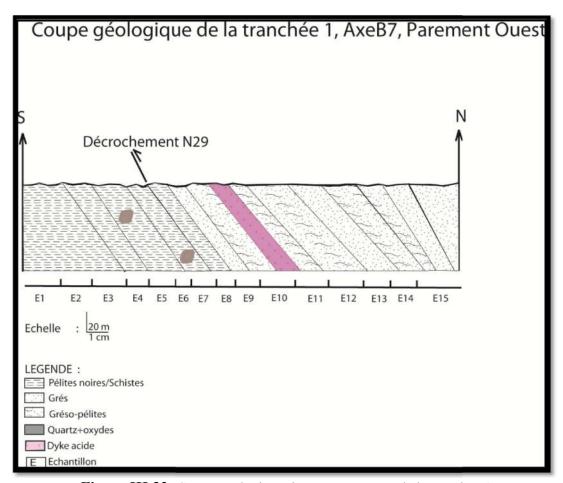


Figure III.32: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 1

La tranchée 1 est réalisée presque au début de l'apparition de la structure minéralisée, elle contient une faille décrochante orientée N70 responsable du décalage des structures entre le parement est et ouest et la mise en place d'un remplissage du quartz riches en oxydes. Cette tranchée est formée des couches de gréso-pélites à pendage nord.(Fig. III.32).

III.4.7.2. Coupe géologique de la tranchée 2

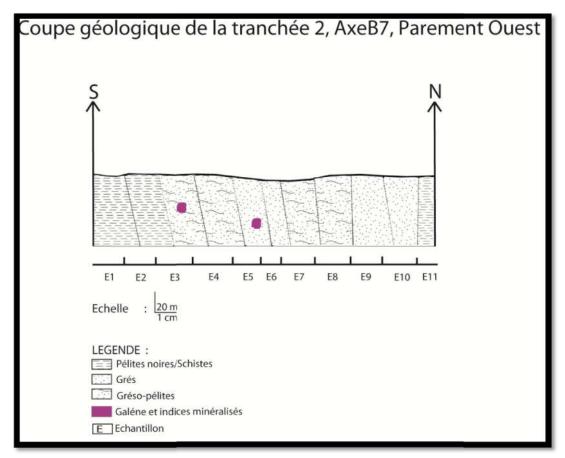


Figure III.33: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 2

Les couches de la tranchée 2 ont un pendage presque nord sont de type grés, pélites ou gréso-pélites contenant des oxydes et des grains de galène indice de la minéralisation argentifère. (Fig. III.33).



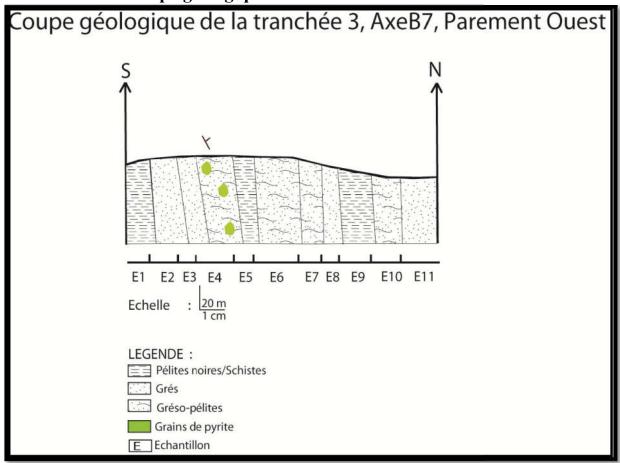


Figure III.34: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 3

Le pendage des couches des pélites, grés et des gréso-pélites de la tranchée 3 est toujours vers le nord, riche en oxydes et en minéralisations de galène et de la pyrite qui indiquent la présence d'argent disséminé des les formations sedimentaires d'âge néo-protérozoïque moyen PII. (Fig. III.34).

III.4.7.4. Coupe géologique de la tranchée 4

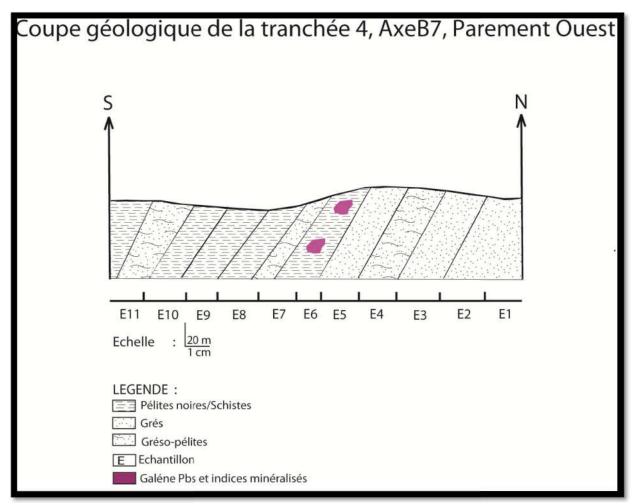
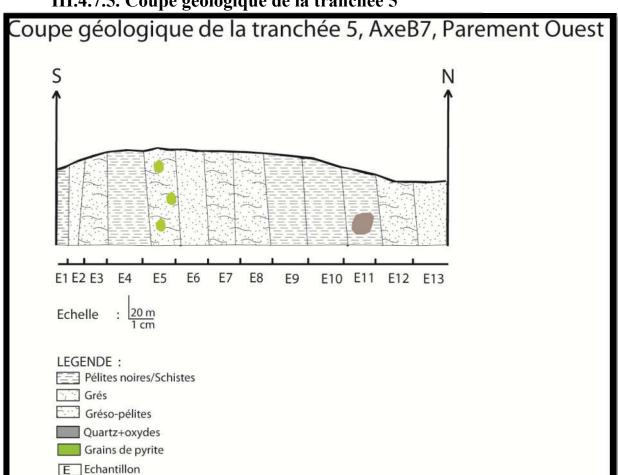


Figure III.35: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 4

Les formations de la tranchée B située à l'est de l'axe B7 ont un pendage sud avec des oxydes qui se sont mis en places dans les pélites d'âge PII, la ou on trouve un grand dyke de galène indice de la minéralisation argentifère qui s'est mise en place entre les schistes tachetés oxydés. (Fig. III.35).



III.4.7.5. Coupe géologique de la tranchée 5

Figure III.36: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 5

Le pendage des couches gréseuses et péliteuses de la tranchée 5 est sub-vertical fort contenant des intercalations des quartz oxydés et choloritisés, et des grains de pyrite qui se sont mis en place dans les schistes tachetées riches en oxydes. (Fig. III.36).

III.4.7.6. Coupe géologique de la tranchée 6

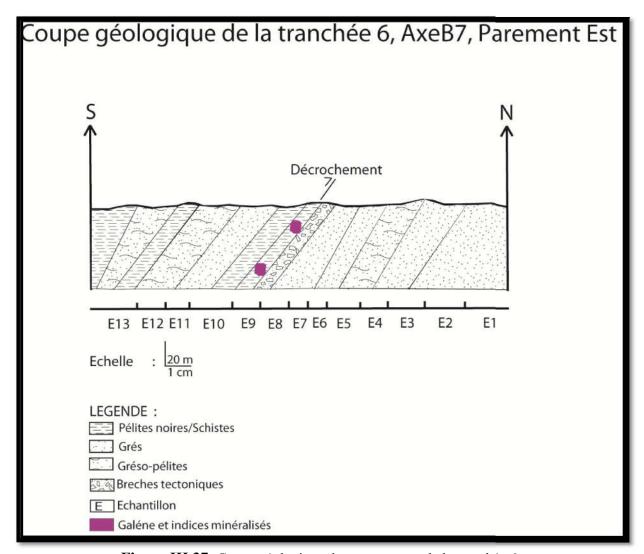


Figure III.37: Coupe géologique du parement est de la tranchée 6

Les couches d'âge néo-protérozoïque moyen PII ont un pendage vers le sud formé des brèches tectoniques ayant un aspect broyé a cause du passage de la faille décrochante ce qui a favorisé l'ouverture des fentes et la mise en place de la galène argentifère. (Fig. III.37).



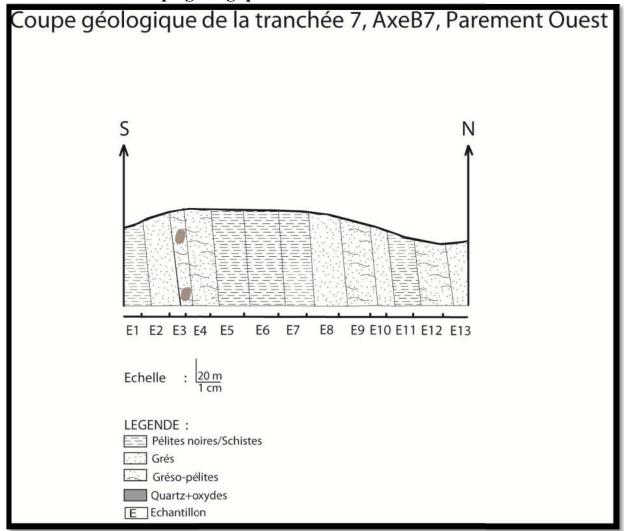
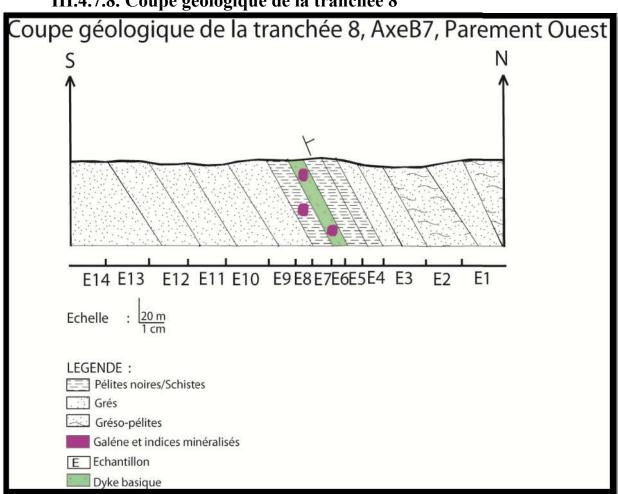


Figure III.38: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 7

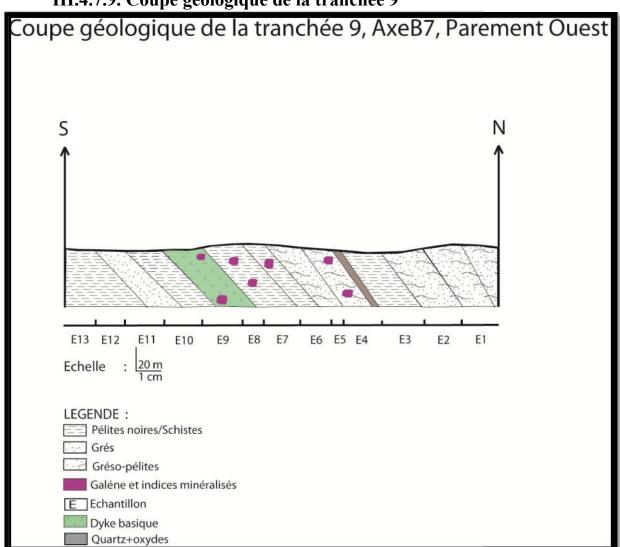
Le pendage des couches de la tranchée 7 tend vers le nord formé par des formations d'âge PII principalement gréseuses la ou on trouve des géodes de quartz issu du régime compressif et du métamorphisme du contact apparent au secteur d'étude. (**Fig. III.38**).



III.4.7.8. Coupe géologique de la tranchée 8

Figure III.39: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 8

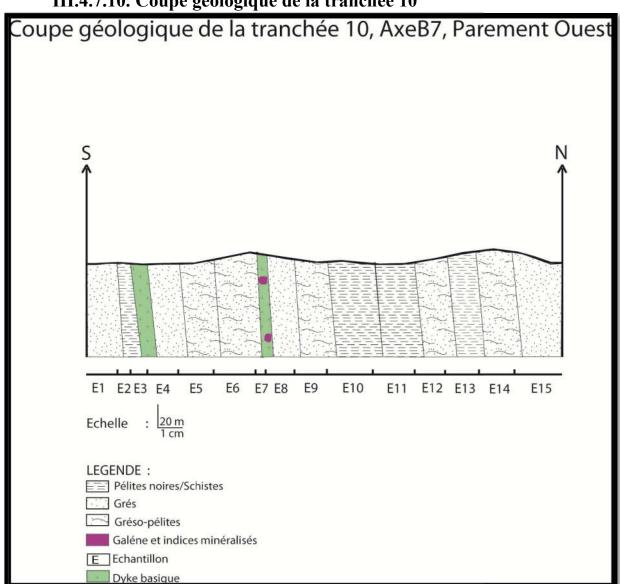
Les couches a pendage nord de la tranchée 8 sont riche en minéralisation de galène : indice de la présence d'argent qui s'est mise en place dans les couches péliteuses d'âge PII et dans des dykes basiques altérés riches en oxydes. (Fig. III.39).



III.4.7.9. Coupe géologique de la tranchée 9

Figure III.40: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 9

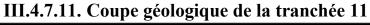
Les couches de la tranchée 7 d'âge PII ont un pendage nord intercalées par des filons de quartz et des ouvertures à remplissage de galène au sein des dykes basiques altérés, ce qui confirme que les tranchées traversent toujours la structure prédite minéralisée. (**Fig. III.40**).



III.4.7.10. Coupe géologique de la tranchée 10

Figure III.41: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 10

Les couches a un pendage fort sont généralement formée des pélites, grés et gréso-pélites intercalés par des dykes basiques altérés oxydés contenant des grains de galène indice primordial de la minéralisation argentifère. (Fig. III.41).



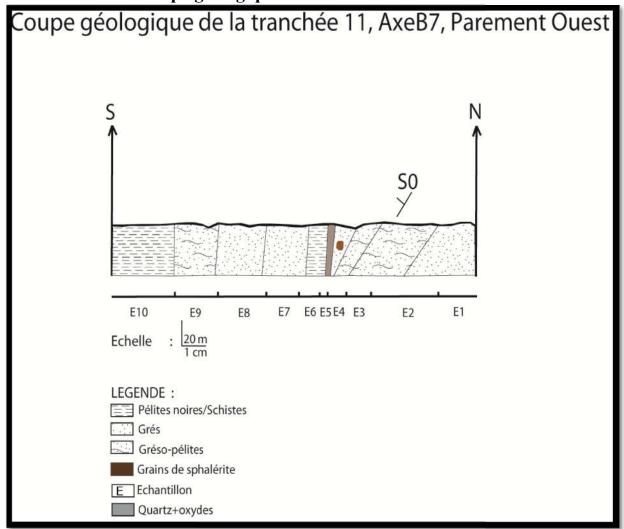


Figure III.42: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 11

Les couches différent de pendage vers les extrémités nord et sud du parement en allant d'un pendage fort vertical vers un pendage nord, les formations sont d'âge PII intercalés par des filons de quartz laiteux et des grains de sphalérite. (Fig. III.42).



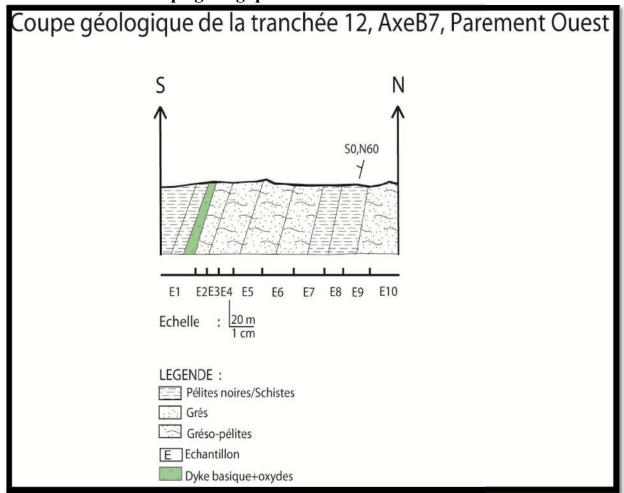
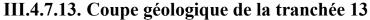


Figure III.43: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 12

Les couches à abondance gréseuse ont un pendage sud intercalé par un dyke basique riche en oxydes. (Fig. III.43).



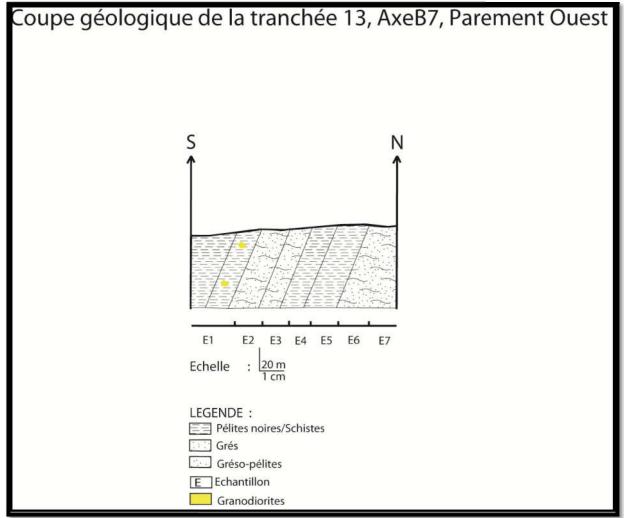
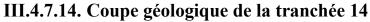


Figure III.44: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 13

Les couches d'âge néo-protérozoïque moyen PII ont un pendage sud a dominance péliteuse riche en grains de granodiorites provenant du grand massif acide, transportés par les oueds pour qu'ils aient place dans les couches sedimentaires décalées par une petite faille N70 qui n'est que la dérivée de la méga faille d'imiter vu qu'il s'agit de la même direction. (**Fig. III.44**).



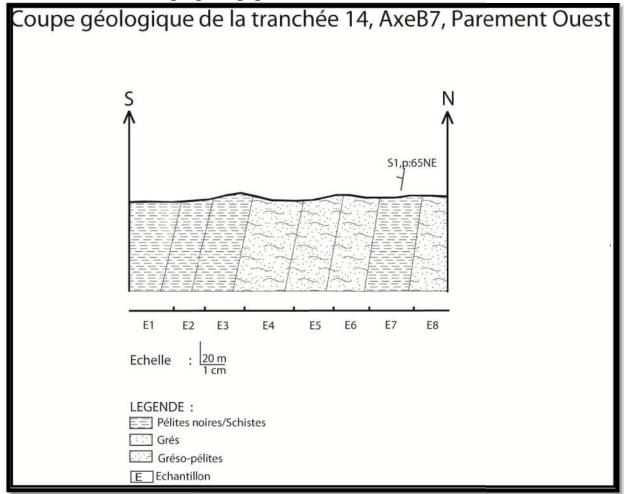
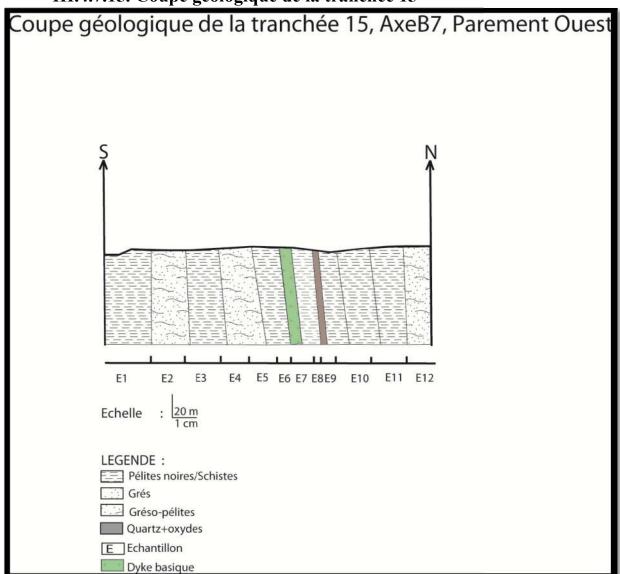


Figure III.45: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 14

Les couches a pendage sud sont à dominance des gréso-pélites et des pélites avec l'absence des indices de la minéralisation argentifère (galène, pyrite...) ce qui indique qu'on est face a un décalage de la structure par une faille ou bien sa disparition totale. (Fig. III.45).



III.4.7.15. Coupe géologique de la tranchée 15

Figure III.46: Coupe géologique du parement ouest de la tranchée 15

Le pendage des couches de la tranchée 12 est très fort là où on a des formations de schistes noires, et tachetés et aussi des gréso-pélites d'âge PII qui sont intercalées par un dyke acides et des filons de quartz. Donc on peut comprendre que les tranchées ne traversent plus la structure minéralisée à cause d'une faille ou une lacune. (**Fig. III.46**).

III.4.8. Résultats des analyses géochimiques

Les résultats d'analyses géochimiques sont effectués au laboratoire grâce à la méthode de l'absorption atomique à l'aide d'une spectroscopie à flamme.

Le laboratoire présente une cellule très importante au sein de la mine d'où les résultats fournies pas ce dernier permettent d'estimer la teneur, le métal et le tonnage du gisement exploré.

Le spectroscope contient plusieurs flamme chacune responsable d'un métal spécial, le spectroscope du laboratoire contient quatre flammes (Hg, Fe, Pb, Ag).

Tant que le gisement exploité est un gisement principalement argentifère donc on utilisera la flamme d'argent pour pouvoir estimer la teneur de la structure cartographiée au terrain.

On considère selon la mine d'Imiter comme anomalie une teneur d'argent au de la de 20 g/t pour une exploration de surface, donc un échantillon dont la teneur est supérieur à 20g/t est envisagé comme une structure argentifère. Par ailleurs l'analyse des différents échantillons des tranchées traversant la structure permet de délimiter dans l'espace l'épaisseur, la puissance, la continuité ainsi que la direction de cette dernière.

Les analyses géochimiques des différentes tranchées creusées d'une direction Nord-Sud perpendiculaire à la structure de l'axe B7 sont présentées par le tableau III.1 (voir annexe).

En se basant sur les échantillons dont la teneur en argent met en évidence une anomalie géochimique, on peut délimiter la structure minéralisée à l'aide des courbes de variations d'argent dans chaque tranchée (Voir dans l'annexe les variations présentées par les figures :

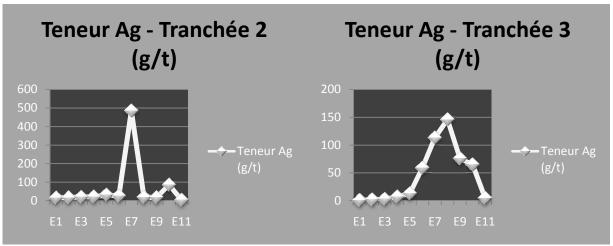


Figure III.47 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée2 Figure III.48 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée3

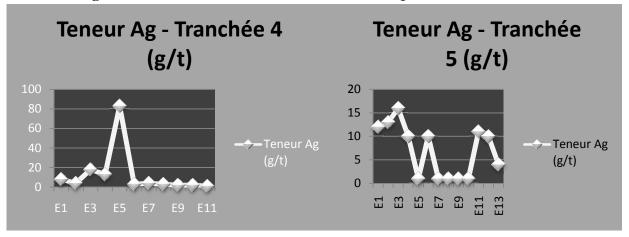


Figure III.49 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée4
Figure III.50 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée5

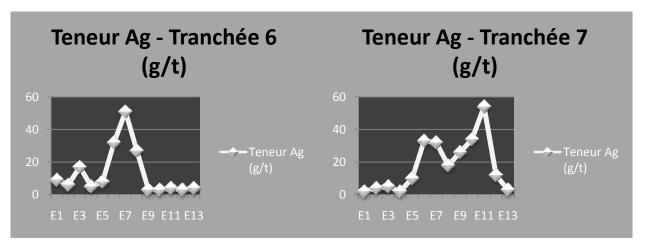


Figure III.51 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée6 Figure III.52 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée7

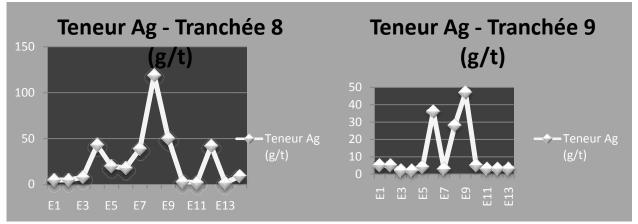


Figure III.53 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée8
Figure III.54 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée9

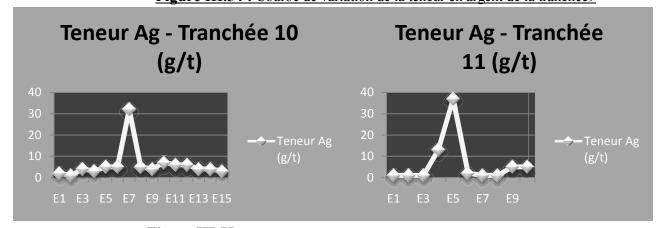


Figure III.55 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée10 Figure III.56 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée11

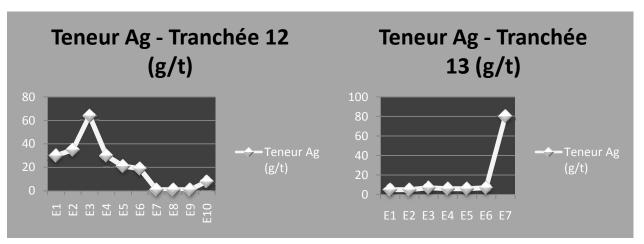


Figure III.57 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée 12 Figure III.58 : Courbe de variation de la teneur en argent de la tranchée 13

On constate d'après les courbes de variations de la teneur en argent dans les différentes tranchées, que le pique est presque décelé au centre des tranchées au voisinage des échantillons E4,E5,E6,E7,E8 et E9. Donc on peut conclure que la structure minéralisée de l'axe B7 est concentrée dans une épaisseur de 0,5m à 0,8m au métacentre des tranchées réalisées.

On peut distinguer alors deux types de tranchées, celles qui sont situées plus à l'ouest de l'axe B7 ayant une teneur en argent négative, et celles qui sont situées presque a l'est sur la colline et qui présentent une teneur très élevée en argent ce qui indique le passage d'une structure minéralisée argentifère.

La présence de la minéralisation dans la colline résulte de la circulation du fluide hydrothermal dans les ouvertures et les discontinuités créées par le couloir de cisaillement de la méga faille d'imiter qui a donnée naissance des failles cellulaires a jeu décrochant tantôt inverse et tantôt normale. On appelle une fluide hydrothermale toute solution naturelle composées de corps gazeux ou liquide dans lesquelles les molécules H_2O sont prédominantes et dont la température et supérieure à la température ambiante, sachant qu'un système hydrothermal se concentre généralement dans les régions du globe ou l'on trouve un flux thermique très important tels qu'un magmatisme ou un volcanisme ce qui est le cas de notre secteur d'étude.

Grace à une métsomatose entre les éléments du fluide hydrothermal et l'encaissant dans un espace créé par un jeu de faille on peut avoir des gisements minéralisées filoniens tel qui est le cas pour l'argent de la colline B7 (Fig. III 59).

L'argent n'affleure pas en surface mais grâce aux indices sulfurés qu'on trouve au voisinage de la couverture on peut prédire la présence d'une structure minéralisée, parmi les indices d'argent : la galène argentifère qui est très abondante dans les tranchées creusées.

Et finalement d'après les observations macroscopiques et microscopiques on peut conclure que la structure minéralisée est encaissée dans un dyke basique riche en galène, et en sulfures indices primordiaux de la présence d'argent. Après avoir mis en évidence au terrain la structure minéralisée on peut ordonner des sondages carottés dans la même direction que la structure à des profondeurs différentes pour estimer sa profondeur et sa continuité au fond pour voir l'endroit le plus adapté pour la l'implantation de nouveau puits d'extraction.

Pour dessiner la structure à l'aide d'AUTOCAD, il suffit de faire le levé géométrique de la localisation des différentes tranchées et des différents échantillons minéralisés, puis les projeter dans le plan AUTOCAD au but de conclure la corrélation de la structure minéralisée en plan 2D et estimer son épaisseur.

Le dessin en plan 2D de la structure minéralisée est comme suivant :



Figure III.59: Plan AUTOCAD 2D de la structure minéralisée B7

III.5. ETUDE STRUCTURALE ET ANALYSE DES CONRAINTES

D'une part L'analyse structurale permet de comprendre le contexte métallogénique, gitologique, et le modèle génétique de la formation de la minéralisation du secteur d'étude. La géologie structurale est l'étude des déformations subies à différentes échelles par les roches ainsi que la recherche des forces et contraintes qui ont participé à cette déformation.

III.5.1. Structures mineurs

L'étude et l'interprétation des structures mineurs entre dans l'analyse microstructurale, c'està-dire comprendre les différents mécanismes qui ont aboutit a l'ouverture des dykes basiques, acides a intermédiaires, les fentes de tension, et les filons minéralisés ou non, en leur attribuant un schéma structural dans un canevas qui permet de mettre en valeur la contrainte responsable de la compression ou bien l'extension ainsi que la force qui l'est responsable.

Les liens entre les mécanismes de déformations (cassantes ou ductiles) macroscopiques et microscopiques sont dépendants. Les microstructures qu'on rencontre principalement sur le secteur d'étude sont les dykes basiques ; les dykes acides ; les fentes de tensions et les filons minéralisés.

Filon de quartz : Fait partie des filons hydrothermaux de haute température. La remontée d'intrusions de magma provoque une élévation de chaleur favorisant la circulation des fluides ce qui va aider l'épanchement de l'eau contenue dans la roche, en dissolvant des minéraux qu'elle va entrainer avec elle. Ce filon de quartz est d'une épaisseur de 0,70m, d'une direction N63, situé entre deux bancs de schistes d'origine métamorphique riche en oxydes de souffre,

oxydes de fer et des fois la chlorite, résulte d'une compression qui règne dans le secteur d'étude.



Figure III.60: Image d'une microstructure: Filon de quartz

Figure III.61: Image d'une microstructure: Filon de quartz riche en oxydes de souffre, oxydes de fer, chlorite.

Dyke acide:-Les granodiorites du secteur d'étude se manifestent sous forme de filons ou bien sous forme de grands blocs qui se mettent en place dans les oueds provenant du grand massif de Taouzzakt des granodiorites affectés par des failles ou bien un transport très fort qui leur a permet de se déplacer à une altitude plus basse. Le dyke acide rhyolitique est d'une direction N70 ayant une épaisseur de 2m.



Figure III.62: Image d'une microstructure: Dyke acide rhyolitique

Figure III.63: Image d'une microstructure: Dyke acide (granodiorites)

Dyke basique: En surface les dykes basiques affleurent avec un aspect en boule et feuilleté.. La plupart des dykes basiques dans le secteur d'étude sont des dolérites qui est un microgabbro dont la teinte est verdâtre constitué des grains visibles a la loupe.

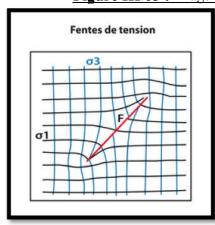


Figure III.64: Image d'une microstructure: Dyke basique en boules

Fentes de tension: Dans l'étude structurale les fentes de tension sont considérées comme étant des indicateurs macroscopiques qui permettent d'indiquer la direction du mouvement ductile-cassant. Dans la boutonnière d'Imiter la plupart des fentes de tension sont soit remplies de quartz ou bien par de la calcite et ceci dépend de la phase auxquelles elles font partie. D'où la phase du remplissage du quartz est considérée une phase peu productive qui ne contient pas beaucoup de minéralisations plaquettes.



Figure III.65 : Image des fentes de quartz encaissées dans des grés du PII



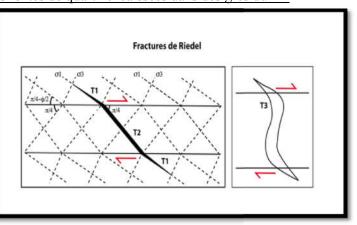


Figure III.66: Schémas illustrant le mécanisme de formation d'une fente de tension

Dans le cas de notre secteur la phase tectonique primordiale du couloir de cisaillement a décrochement dextre a permis l'ouverture des fentes, et des filons remplis de quartz gris ainsi que des dykes, cette phase est considérée comme étant une phase fertile responsable de la minéralisation argentifère d'Imiter d'âge la ou on trouve aussi des ouvertures en pull appart

qui vont être le sujet de remplissage de minéralisation grâce a la circulation du fluide hydrothermal, tandis que la phase tectonique secondaire c'est la phase a dolomie qui est considérée comme étant une phase qui a permis l'affaissement du bloc d'âge PIII sur les couches d'âge PII et la remobilisation du fluide hydrothermal.

Le stéréogramme illustre une direction E-W de l'ensemble des structures avec un pendage Nord intercalés par des structures NE-SW.

D'âpres le stéréogramme, la contrainte principale est d'une direction NW-SE.

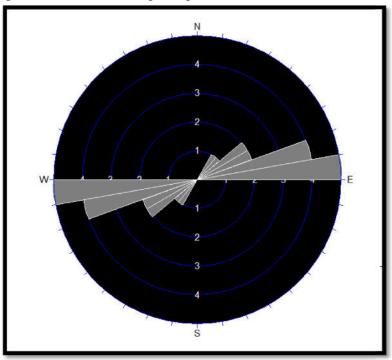


Figure III.67: Projection stéréographique de structures mineures du secteur d'étude

III.5.2. Structures majeures

Dans notre secteur l'ensemble des fractures et micro fractures constituent une zone de cisaillement selon le schéma de Riedel ce modèle qui regroupe le plan de cisaillement principal associé au fractures secondaires. Parmi les structures majeures qu'il faut signaler dans un terrain, les failles ; les micro-fractures et les plis.

Les failles sont les moteurs responsables de l'ouverture et le remplissage de la minéralisation. Il existe une multitude de jeu de faille au terrain (inverse, normale, décrochant...), le tout est encadré dans un couloir de cisaillement en système de Riedel séparés en deux phases. (méga faille d'Imiter.



Figure III.68 : Image illustrant le jeu de la méga faille d'Imiter



Figure III.69: Image illustrant le jeu d'une faille affectant un banc de grés

Dans le secteur d'étude on trouve des plis synclinaux et anticlinaux dont la charnière a été érodée ou bien subit une déformation par un jeu de faille.



Figure III.70 : : Image illustrant la charnière d'un pli anticlinal

En surface il est difficile de pouvoir mettre en évidence le jeu des failles et analyser leurs rejets vertical et horizontal, pour pouvoir comprendre le jeu des failles en général qui règnent dans le secteur d'étude, il est nécessaire de faire une projection stéréographique,

Le stéréogramme nous permet de conclure la direction des contraintes principal de compression et d'extension, d'où dans le cas des failles la contrainte peut avoir deux directions NE-SW ou NW-SE (Fig.III 72).

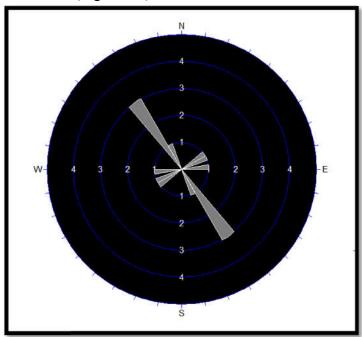


Figure III.71: Projection stéréographique de structures majeures du secteur d'étude

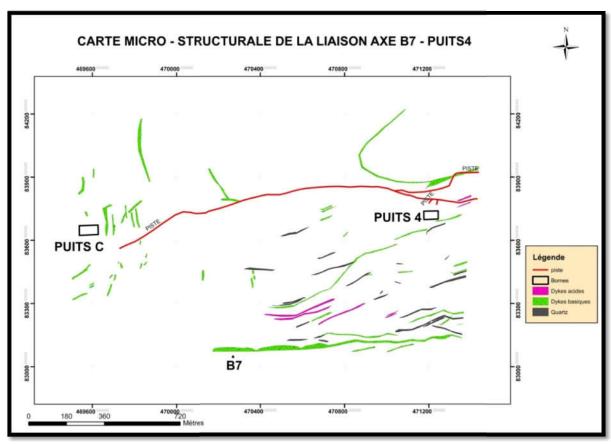


Figure III.72: Carte micro - structurale finale de la zone d'étude

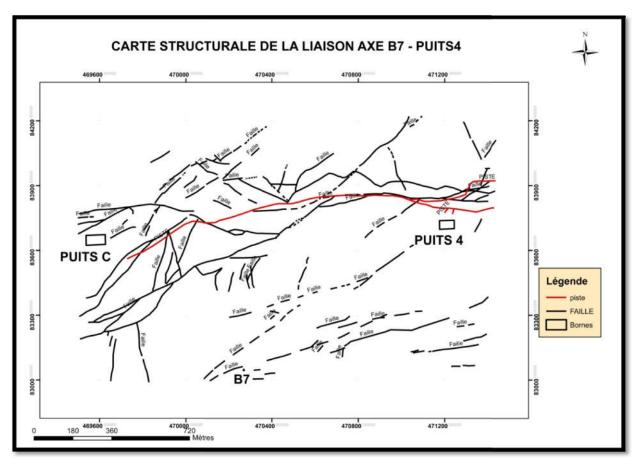


Figure III.73: Carte structurale finale de la zone d'étude

Pour conclure On peut distinguer qu'il existe deux grandes familles de failles : il ya des failles Nord-Sud et d'autres failles Est-Ouest, le tout est renfermé dans un couloir de cisaillement (un système de Riedel), ce qui a permis l'ouverture des fentes de tensions, des filons minéralisés, ainsi que le remplissage des différents types des dykes (acide ou basique) (Fig. III.73 et 74).

Pendant la première phase structurale, la faille d'Imiter avait un jeu dextre inverse qui a permis les ouvertures en pulls apparts qui vont être remplis par la minéralisation provenant de la circulation hydrothermale qui déposera de l'argent dans une gangue de type quartz gris.

Pendant la deuxième phase, la faille d'Imiter avait un jeu normale senestre qui a donné la fermeture de quelques pulls appart et la remobilisation de la minéralisation a travers le fluide hydrothermal pour la déposer dans une gangue dolomitique.

D'après la carte structurale on peut redéfinir un deuxième couloir de cisaillement sans lequel se met en place la structure minéralisée de l'axe B7 qui a le même régime structurale que la faille d'Imiter en un système de Riedel (Fig. III.73 et 74).

III.6. ETUDE GEOCHIMIQUE DU SECTEUR D'ETUDE

Pour obtenir les cartes iso-teneurs géochimiques qui permettent d'identifier la dispersion des éléments chimiques dans les couches géologiques à la surface, on utilise le logiciel ARCGIS 10.3 développé par Esri, il fait parti des logiciels sur système d'information géographique décomposé en trois fonctionnalités croissants : ARCMAP, ARCINFOS, et ARCEDITOR. C'est un outil qui permet de visualiser, explorer, interroger et analyser les données géographiques à travers des bases données.

• Les données des analyses chimiques préparés sur la base de donnés d'entrée font l'objet qu'un géo traitement spécial par ARCGIS qui permet d'obtenir la carte géochimique de la dispersion des teneurs de Ag; du Zn; du Pb et du Hg.

Grace à la fonction KRIGEAGE qui fait partie des outils de l'analyse spatiale. C'est une procédure géostatistique avancée qui génère une surface estimée à partir d'un ensemble dispersé de points avec des valeurs. L'outil KRIGAGE présuppose que la distance ou la direction liant les points d'échantillonnage reflète une corrélation spatiale pouvant expliquer les variations de la surface. L'outil KRIGAGE applique une fonction mathématique de tous les points, ou certains points déterminés, situés dans un rayon précis. Il détermine la valeur en sortie de chaque emplacement. Le KRIGEAGE est un processus multiple, il comprend l'analyse statistique exploratoire des données, la modélisation des variogrammes la création de la surface et éventuellement l'exploration de la surface de variance. L'outil de KRIGAGE est particulièrement adapté aux cas ou l'on sait qu'il existe dans ces données une corrélation spatiale de distance ou une déviation directionnelle. Elle est souvent utilisée en sciences 'exploration et la géologie minière.

III.6.1. Carte d'anomalie géochimique d'argent

Les échantillons on été récoltés tout au long des profils des coupes Nord-Sud, et au niveau des parements de tranchées.

D'après la carte géochimique d'argent on peut distinguer que plus on se déplace vers le Nord c'est-à-dire en s'approchant vers les formations géologiques d'âge PIII constitués généralement des tufs volcaniques, des conglomérats et des intrusions basique, plus la teneur en argent s'affaiblit.

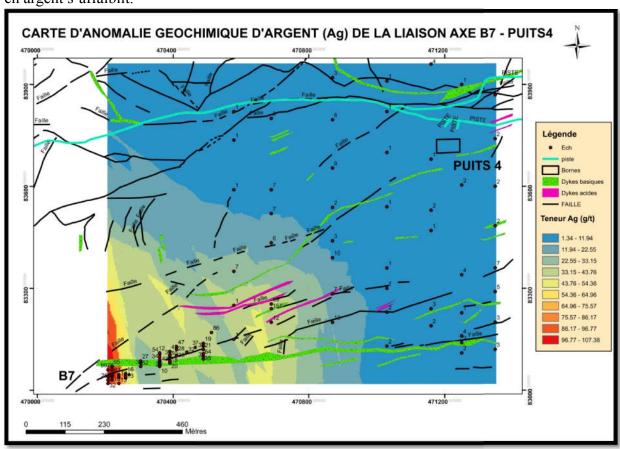


Figure III.74: Carte d'anomalie géochimique d'argent Ag de la zone d'étude

Ces teneurs faibles ne dépassent pas 10ppm (**Fig. III.75**). Haineusement, vers le sud et plus précisément au voisinage de la borne B7 la ou des formations géologique d'âge PII constitués essentiellement des schistes, grés, gréso-pélites...l'anomalie géochimique est concentrée a proximité des failles E-W, la ou on a creusé des trachées N-S perpendiculaires à la structure minéralisée après avoir récupéré dans la surface des indices de la minéralisation argentifère tels que des dykes basiques riches en galène PbS.

Les teneurs de cette structure s'échelonnent entre 20 et 485 ppm, ce qui fait on peut comprendre le mécanisme qui a permis la mise en place de l'argent dans cette zone vu qu'il s'agit d'une zone très faillée, donc ces failles ont permis la création des espaces et des ouvertures qui ont subit un remplissage du fluide hydrothermal qui a donnée cette structure B7 qui s'étale sur une métrage restreint et discontinu tout au long de l'extension axe B7 – puits 4.

On peut en conclure de cette analyse géostatistique-géochimique que l'argent ne peut subsister que dans des formations d'âge PII et dans un contexte structurale très dynamique.

III.6.2. Carte d'anomalie géochimique de cuivre

L'échantillonnage n'a pas recouvert la zone ouest, a cause de l'absence des dykes et des structures qui peuvent être porteuses d'indice du cuivre. L'anomalie géochimique d'abondance du cuivre est automatiquement située au voisinage des dykes (acides ou basiques), ou bien dans des formations géologique d'âge PII c'est-à-dire dans des grés et des schistes par une circulation hydrothermale. (**Fig.III.76**).

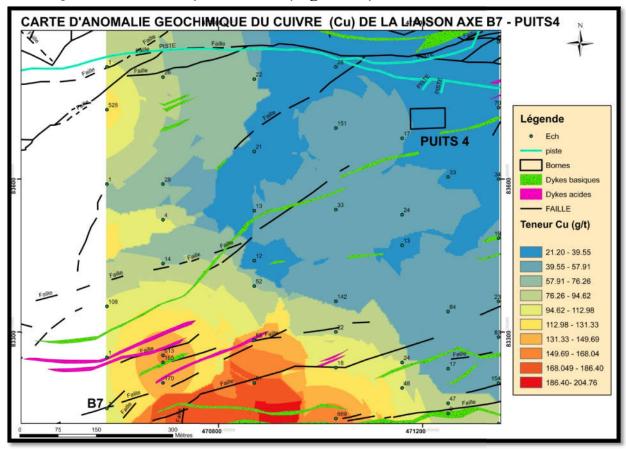


Figure III.75: Carte d'anomalie géochimique du cuivre Cu de la zone d'étude

III.6.3. Carte d'anomalie géochimique de zinc

Le zinc provient des gisements d'origine magmatique, ayant le même mode de formation que le cuivre ainsi que le même comportement sauf que le zinc est un élément très mobile et se forme aussi au voisinage des dykes acides ou basiques ou bien par un processus hydrothermal dans les formations d'âge PII au sein des grés et des schistes (**Fig.III.77**).

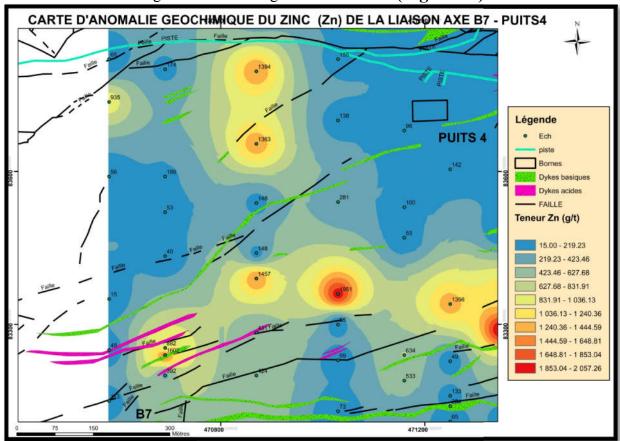


Figure III.76: Carte d'anomalie géochimique du zinc Zn de la zone d'étude

Le Zinc rencontré dans des sulfates oxydés peut percoler un chapeau de fer .

III.6.4. Carte d'anomalie géochimique de plomb

La principale source minérale du plomb et la galène c'est la cause pour laquelle la teneur en plomb s'accentue en s'approchant de la structure minéralisée de l'axe B7 ayant comme indice de la minéralisation argentifère en surface la galène (**Fig.III.78**).

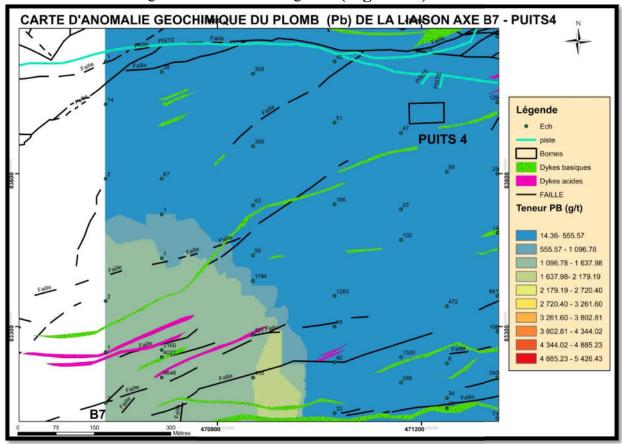


Figure III.77: Carte d'anomalie géochimique du plomb Pb de la zone d'étude

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Après avoir répondu a la problématique citée dans l'introduction du rapport c'est-à-dire aboutir a la découverte d'un gisement argentifère dans une zone vierge qui n'a été jamais cartographiée ou étudiée par les géologues de la mine, il s'agit de la structure B7, encaissée dans des formations méta sédimentaires d'âge PII, dans une zone a tectonique cassante ayant des indices de minéralisations en surface tels que la galène. Ces résultats nous on permit d'entamer des sondages carottées avec lesquels on estime la profondeur de l'extension de la structure minéralisée dans le but de commencer l'implantation d'un nouveau puits. Il faut conjecturer des perspectives et des idées innovantes porteuses d'amélioration et d'enrichissement du projet en particulier et de la mine en général pour lui garantir une production favorable.

Ainsi, avant de clôturer le sujet il faut prévoir quelques perspectives :

- -Attaquer la réalisation des sondages carottées à différents inclinaisons au but d'estimer la profondeur et l'extension de la structure minéralisée ;
- -Initialiser un projet d'implantation d'un puits situé entre le puits central et le puits 4 qui pour centraliser la structure B7 ;
- -Commencer en cas de crise de tonnage l'exploitation de la structure B7 sous forme de carrière a ciel ouvert par gradins tels qui est le cas pour la carrière B8 ;
- -Soupçonner l'exploitation des autres métaux tels que le Pb, Zn, Cu... qui se trouvent abondant dans le district minier d'Imiter et qui peuvent assurer une production et une vie aussi longue pour la mine ;
- -Améliorer les conditions du travail, et prendre soin de l'environnement pour minimiser et apaiser les dégâts et les impacts négatifs qui peuvent affecter la faune et la flore.

P.S: L'enseignant: Mr. Jabrane RAOUF et le parrain du stage le cadre géologue: Mr. OURIBANE MUSTAPHA ont joué un rôle très important dans la réalisation de rapport qui contient des données très confidentielles, pour assurer la sécurité des évaluation, il est catégoriquement de divulguer ou de révéler n'importe quel résultats précis contenant dans les bases de données, du coup j'accepte:

- ✓ De ne pas photocopier, enregistrer, reproduire, distribuer ou afficher sous aucune autorisation de l'auteur (Moi : BADIOUI KAOUTAR) quelque chose de ce rapport ;
- ✓ Ne divulguer, par écrit, verbalement ou de façon numérique avant ou après la présentation PFE du projet ;
- ✓ De ne révéler ni discuter des résultats qui peuvent affecter directement ou indirectement l'organisme.

Si jamais cette entente n'est pas respectée le coupable sera poursuis par voie juridique.

BIBLIOGRAPHIE

- **Admou, H., 2000**. Structuration de la paleosuture ophiolitique panafricaine de Bou Azzer-Sirwa (Anti-Atlas Central, Maroc): Thèse Université Marrakech, Morocco, pp. 201.
- > Admou H. et Juteau T. 1998. Découverte d'un système hydrother mal océanique fossile dans l'ophiolite antécambrienne de Khzama (massif du Siroua, Anti-Atlas marocain. C. R. Acad. Sci Paris, 327: 335-340.
- > Admou, H., 1989. Etude structurale de la chaine Panafricaine dans la suture ophiolitique de Bou Azzer-El Graara (Anti-Atlas Central, Maroc)-Géométrie et cinématique-Données pétrographiques et géochimiques. Marrakech, Morocco, 3rd cycle doctoral thèses, Université Cadi Ayyad, p. 172.
- Ahmed, A.H., Arai, S., Abdel-Aziz, Y.M., Rahimi, A., 2005. Spinel composition as a petrogenetic indicator of the mantle section in the Neoproterozoic Bou Azzer ophiolite, Anti-Atlas, Morocco. Precam-brian Research 138, 225–234.
- ➤ Ait Malek H., Gasquet D., Bertrand J.M., Leterrier J(1998). Géochronologie U/Pb sur zircon de granitoïdes éburnéens et panafricains dans les boutonnières protérozoïques d'Igherm, du Kerdous et du Bas Draa (Anti-Atlas occidental, Maroc), C. R. Acad. Sci. Paris 327 819–826
- > Algouti, A., Algouti, A., Chbani, B., and Zaim, M. 2001. Sedimentation et volcanisme synsédimentaire de la série de bas de l'adoudounian infra-cambrien à travers deux exemples de l'Anti Atlas du Maroc. Journal of African Earth Sciences, 32(4); 541-556.
- > Azizi Samir, M.R., Ferrandini, J., Tane, J.L., 1990. Tectonique et volcanisme tardi-Pan Africains (580-560 Ma) dans l'Anti-Atlas Central (Maroc): interprétation géodynamique a l'échelle du NW de l'Afrique. J. Afr. Earth Sci. 10, 549 /563.
- **BARAKAT, A., MARIGNAC, C., BOIRON, M. C. & BOUABDELLI, M. 2002.** Caractérisation des paragenèses et des paléo circulations flfluides dans l'indice d'or de Bleïda (Anti-Atlas, Maroc). Comptes Rendus Géosciences, 334, 35 41
- **Belkabir, A., Jébrak, M., Maacha, L., Azizi Samir, R et Madi, A. 2008**: Gold mineralization in the Proterozoic Bleida ophiolite, Anti-Atlas, Morocco. Geological Society, Special Publications 2008; V. 297; p. 297; p. 249-264.
- ➤ M. Benssaou, N. Hamoumi, (2003). The Lower-Cambrian western Anti-Atlasic graben: tectonic control of paleogeography and se-quential organisation, C. R. Geoscience 335 297–305.
- > Benyoucef, A., 1990. Etude pétrostructurale de la partie occidentale de la boutonnière précambrienne de Bou Azzer-El Graara (Anti-Atlas Marocain). Third cycle doctoral thesis, Marrakech, Morocco, Université Cadi Ayyad, p.155.
- > Benziane, F., Prost, A.E., Yazidi, A., 1983. Le passage du Précambrien au Cambrien précoce volcanique et sédimentaire de l'Anti-Atlas oriental; comparaisons avec l'Anti-Atlas occidental. Bull. Soc. Géol. France 4, 549–556
- **BGS**, (2001 a): carte géologique du Had-n-Tahala au 1/50000. Notes et mémoires, 403, Editions du service géologique du Maroc, Rabat. In: Piqué A., Soulaimani A., Hoepffner C., BouaBDelli.M, Laville E., Amrhar M., Chalouan A., (2007): Géologie du Maroc, Editions Géode, collection Terre et patrimoine, séries manuels, Marrakech (Maroc), 23-58p.
- > BGS, (2001 b): carte géologique d'a,zi au 1/50000. Notes et mémoires, 402, éditions du services géologiques du Maroc Rabat. In: Piqué A., Soulaimani A., Hoepffner C.,
- ➤ Bouabdelli M., Laville E., Amrhar M., Chalouan A., (2007): Géologie du Maroc, Editions Géode, collection Terre et patrimoine, séries manyels, Marrakech (Maroc) -58p.
- **Bouougri, E., Saquaque, A., Chbani, B., 1994.** Caractérisation sédimentologique et évolution paléogéographique de la couverture du Précambrien II Inférieur de la boutonnière de Bou-Azzer Elgraara (Anti-Atlas, Maroc). Comptes Rendus Académie Sciences Paris 319, 423–426.
- ➤ **Bouougri E., 1992**. Les séries sédimentaires du Protérozoïque supérieur de l'Anti-Atlas central (Taghdout, Tachdamt, Bleïda): exemple de sédi-mentation de craton et de marge en distension, thèse 3_e cycle, université Cadi-Ayyad, Marrakech, 229 p.
- ➤ BRABERS P.M. (1988): A palte téctonic model for the panafrican orogeny in the Anti-Atlas, Morocco. In: jacobshagen, V.H. (Ed.), the Atlas système of morocco, studies on its géodynamique evolution, lecture notes earth sci., 15 80. In: Piqué A., Soulaimani A., Hoepffner C., BouaBDelli.M, Laville E., Amrhar M., Chalouan A., (2007): Géologie du Maroc, Editions Géode, collection Terre et patrimoine, séries manuels, Marrakech (Maroc), 23-58p.
- **Cahen et al. (1984)**: the geochronology and evolution of Africa clarendon press, oxford.
- Chabane, A., 1991. Les roches vertes du Protérozoïque supérieur de Khzama (Siroua, Anti-Atlas central, Maroc), un exemple Precambrien d'ophiolite d'avant arc formée en contexte transformant. Unpublished Thèses. University of Marrakech, p. 570.
- 99
- > CHARLOT, R. 1982. Caractérisation des événements éburnéens et panafricains dans l'Anti Atlas marocain: Apport de la méthode géochimique Rb/Sr. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc, 313.
- ➤ Charlot R. 1978. Caractérisation des événements éburnéens et panafricains dans l'AntI-Atlas marocain Apport de la méthode géochronologique Rb-Sr. Ph. D. ThesIs, Univ. Rennes, 220 pp.
- > Choubert G. et Faure-Muret A. (1967). Le Précambrien chaînon de Bou Azzer-EI Graara (Anti-Atlas)
- > Choubert G., 1963. Histoire géologique du Précambrien de 1 Anti-Atlas, 1 . Notes Mém. Serv. Géol. Maroc, 162 ;352pp.
- > Choubert, G., 1952. Histoire géologique du domaine de l'Anti-Atlas. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc 100, 196.
- > CHOUBERT G. (1947): L'accident majeur de l'Anti-Atlas. C. R. Acad. Sci., 224, 1172-1173.
- ➤ CISSE', A. 1989. Géométrie et cinématique de la de formation Panafricaine majeure dans le district minier de Bleïda (Bou Azzer El Graara, Anti-Atlas central, Maroc). PhD Thesis, Université de Marrakech.
- > CLAUER, N. 1976. Géochimie isotopique du strontium des milieux sédimentaires. Application à la géochronologie de la couverture du craton ouest-africain. PhD Thesis, University of Strasbourg.

- ➤ Clauer, N. et Leblanc, M. 1975. Implications stratigraphiques d'une etude géochronologique Rb-Sr sur métasédiments précambriens de Bou-Azzer (Anti Atlas Maroc). Notes Mém. Serv. Géol, Maroc, 38, 7-12
- Clauer N., 1974. Utilisation de la méthode Rb/Sr pour la datation d'une schistosité de sédiments peu métamorphisés: application teurs au Pli de la boutonnière de Bou Azzer-EI Graara (Anti-Atlas, Maroc). Earth Planet. Sci. Lett., 22 (4): 404-412
- DUCROT, J. & LANCELOT, J. R. 1977. Problème de la limite Précambrien Cambrien. Etude radio chronologique par la méthode U Pb sur zircons du volcan du Jbel Boho (Anti-Atlas marocain). Canadian Journal of Earth Sciences, 14, 2771 2777
- El Aouli E.H., Gasquet D., Ikenne M(2001), Le magmatisme basique de la boutonnière d'Igherm (Anti-Atlas occidental, Maroc): un jalon des distensions néoprotérozoiques sur la bordure nord du craton ouest-africain. Bull. Soc. G'eol. Fr. 172 309–317.
- El Boukhari, A., 1991. Magmatisme et metasédiments associés du Protérozoïque Supérieur de la zone de N'Kob (Siroua, Anti Atlas, Maroc): une ophiolite formée et mise en place sur la marge du Craton Ouest Africain. Thèses, Univ. Marrakech, 512 pp.
- EL GHORFI M.(2006): Etude géochimique et métallogénique des métaux précieux (Or, Argent et Platinoïdes) associés aux minéralisations à Co, Ni, Cr de Bou Azzer-El Graara et dans la série de Bleïda Far West, Anti-Atlas Maroc. Thèse Doct. ès-Sci., Univ. Cadi Ayyad, Marrakech et Centre fédéral Géosci. Ress. nat. (BGR), Hanovre, 350 p.
- ENNACIRI A., 1995 : Contribution à l'étude du district à Co, As, (Ni, Au, Ag) de Bou Azzer, Anti-Atlas (Maroc). Données minéralogiques et géochimique ; études des inclusions fluides : Thèse Univ. Orléans, France, 238 p.
- Ennih, N., Liegeois, J.P., 2001. The Moroccan Anti-Atlas: the West African craton passive margin with limited Pan-African activity. Implications for the northern limit of the craton. Precambrian Research 112, 289–302.
- FRANKLIN, J. M., GIBSON, H. L., JONASSON, I.R. & GALLEY, A. G. 2005. Volcanogenic massive sulfide deposits. Economic Geology, 100th Anniversary Volume, 523 560.
- ➤ Gasquet, D., Roger, J., Chalot-Prat, F., Hassenforder, B., Baudin, T., Chévremont, P., Razin, P., Benlakhdim, A., Mortaji, A., Benssaou, M., 2001. Mémoire explicatif, carte geol. Maroc (1/50000), Feuille Tamazrar, Notes et Mémoires Serv. Geol. Maroc, No. 415 bis, MICEM/BRGM. Geological map by Roger, J., Gasquet, D., Baudin, T., Chalot-Prat, F., Hassenforder, B., Marquer, D., Chevremont, P., Berrhama, M., Destombes, J., Razin, P., Benlakhdim, A.
- ➤ GASQUET, D., LEVRESSE, G., CHEILLETZ, A., AZIZI-SAMIR, M.R.&MOUTTAQUI, A. 2005. Contribution to a geodynamic reconstruction of the Anti-Atlas (Morocco) during Pan-African times with the emphasis on inversion tectonics and metallogenic activity at the Precambrian—Cambrian transition. Precambrian Research, 140, 157 182.
- > Guiraud R, Doumnang Mbalgane J.C., Carretier S et Dominguez S., 2000. Evidence for a 6000 Km
- > lengh NW-SE striking lineament in northern Africa: the Tibesti Lineament. J. of Geol. Soc. London, Vol
- > 157,p. 897-900.
- ➤ Hilal R., 1991. L'ophiolite de Bou-Azzer (Anti-Atlas, Maroc), structures, pétrographie, géochimie, et contexte de mise en place. Thèse 30 cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech. Maroc, 175 pp.
- ➤ Ikenne, M., 1997. La boutonnière précambrienne du bas Draa (Anti-Atlas occidental, Maroc): caractérisation petrologique et géochimique des roches magmatiques et métamorphiques et leurs relations avec la deformation. Unpublished Thesis. University of Agadir, p. 259.

100

- ➤ LEBLANC,M.& LANCELOT, J. R. 1980. Interprétation géodynamique du domaine panafricain (Précambrien terminal) de l'Anti-Atlas (Maroc) à partir de données géologiques et géochronologiques. Canadian Journal of Earth Sciences, 17, 142 155.
- **Leblanc M (1976).** A Proterozoic oceanic crust at Bou Azzer, Nature 261 34–35.
- **Leblanc, M., 1975.** Ophiolites précambriennes et gris arséniés de Cobalt (Bou Azzer, Marocco). The se Universite, Paris VI, France, p. 329
- Leblanc M., 1973. La tectonique du Précambrien II dans la région de Bou Azzer (Maroc), Notes Mém. Serv. Géol. Maroc, 33, 249: 59-82.
- ➤ Leblanc, M., 1972. Un complexe ophiolitique dans le Précambrien II de l'Anti-Atlas central (Maroc). Not. Mrm minerals and alteration indices developed for mineral exploration. Journal of Geochemical Exploration, 82, 59 77.

 Maacha L., 2013: Etudes métallogéniques et et géophysiques des minéralisations cobaltifères et cuprifères de Bou-Azzer ElGraara Anti-Atlas Maroc: Les minéralisations de cuivre de la plateforme de Bleida., Doctoral d'Etat, université Cadi-Ayyad, Marrakech, p 208.
- Maacha, L., Azizi-Samir, M.R., Bouchta, R., 1998. Gisements corallifères du district de Bou Azzer (Anti-Atlas): structure et conditions de genèse. Chron. Rech. Min. 531/532, 65–75.
- Michard, A., 1976. Elements de géologie marocaine. Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc 252, 422 pp.
- ➤ MIFDAL A. & PEUCAT J.J. (1985). Datations U-Pb et Rb-Sr du volcanisme acide de l'Anti-Atlas marocain et du socle sous-jacent dans la région de Ouarzazate. Apport au problème de la limite Pécam-brien-Cambrien. Sciences Géologiques, 38, 185-200.
- > MOUTTAQI A. (1997): Hydrothermalisme et minéralisations en relation avec le rifting protérozoïque supérieur: exemple du gisement de cuivre de Bleïda (Anti-Atlas, Maroc). Thèse Doct. Etat, Univ.Cadi Ayyad, Marrakech, 280 p.
- Piqué A., Soulaimani A., Hoepffner C., BouaBDelli.M, Laville E., Amrhar M., Chalouan A., (2007): Géologie du Maroc, Editions Géode, collection Terre et patrimoine, séries manuels, Marrakech (Maroc), 23-58p.
- > PICHE', M. & JE' BRAK, M. 2004. Normative minerals and alteration indices developed for mineral exploration. Journal of Geochemical Exploration, 82, 59 77.
- Piqué, A., 1994. Géologie du Maroc. In: Les domaines régionaux et leur évolution structurale. PUMAG. Rabat. p. 284.
- ➤ Piqué, A. Michard(1989), Moroccan hercynides: A synopsis. The Palaeozoic sedimentary and tectonic evolution at the northern margin of West Africa, Am. J. Sci. 289 286–330.

- Rapports interne SOMIFER (2006)
- **REMINEX 2004.** Rapport annuel, Far West, projet Bleïda. Reminex, Marrakech.
- > Saquaque, A., Benharref, M., Abia, H., Mrini, Z., Reuber, I., Karson, J., 1992. Evidence for a Pan-African Volcanic Arc and wrench fault tectonics in the Jbel Sarhro, Anti-Atlas, Morocco. Geologische Rundschau 81, 1–13.
- > Saquaque, A., Admou, H., Cisse, A., Benyousef, A., Reuber, I. 1989a. Les intrusions calco-alcalines de la boutonnière de Bou Azzer-El Graara (Anti-Atlas, Maroc): marqueurs de la déformation panafricaine majeure dans un contexte de collision d'arc. 793 Comptes Rendus Académie Sciences Paris 308, 1279-1283.
- > Saquaque, A., Admou, H., Karson, J.A., Hefferan, K., Reuber, I., 1989b. Precambrian 795 accretionary tectonics in the Bou Azzer-El Graara region, Anti-Atlas, Morocco. Geology 17, 1107-1110.
- L.J.G. Schermerhorn, E. Wallbrecher, K.M. (1986) Huch, Der Subductions complex, Granit plutonium's und Schertektonik im Grund-gebirge des Sirwa-Doms (Anti-Atlas, Marokko), Berl. Geowiss. Abh. A 66 S301–S322.
- Soulaimani, A. Jaffal, M., Maacha, L., Kchikach, A. Najine, A., Saidi, A., (2006). Modélisation magnétique de la suture ophiolitique de Bou Azzer-El Graara (Anti-Atlas central, Maroc). Implications sur la reconstruction géodynamique panafricaine. Comptes Rendus Geoscience 338, 153–160.
- Soulaimani A., Piqué A (2004). The Tasrirt structure (Kerdous inlier, Western Anti-Atlas, Morocco): a late Pan-African transtensive dome J. Afr. Earth Sci. 39 247–255.
- ➤ Soulaimani A; Bouabdelli M; Piqué A (2003) L'extension continentale au Néo-Protérozoïque supérieur-Cambrien inférieur dans l'Anti-Atlas (Maroc). Bull. Soc. géol. Fr., 2003, t. 174, no 1, pp. 83-92
- > Thomas, R.J., Fekkak, A., Ennih, N., Errami, E., Loughlin, S.C., Gresse, P.G., Chevallier, L.P., Liégeois, J.P., 2004. A new lithostratigraphic framework for the Anti-Atlas Orogen, Morocco. Journal of African Earth Science 39, 217–226.
- > Thomas, R.J., Gresse, P.O., Harmer, R.E., Eglington, B.M., Arm-strong, R.A., de Beer, C.H., Chevallier, L.C., Martini, J.E., de Kock, G.S., Pick, T., Macey, P.H., Ingram, B.A., 2002. Precambrian evolution of the Sirwa window, Anti-Atlas orogen, Morocco. Precambrian Research 137, 1–57.
- > Touil A, El-Boukhari A, Essaid B, Jacques M (1999). Les tholeites a affinité alcaline du secteur ouest du Siroua (Anti-Atlas central, Maroc): témoins d'une distension au Néoprotérozoïque. Journal of Africain Earth Sciences Volume 29, Issue 4, Décembre 1999, Pages 699–713
- ➤ Toummite A. (2012)- Les granitoides du proterozoique terminal de la Vallée de TIFNOUTE (Anti Atlas
- Central). Thèse Es-Sciences Université Ibn Zohr faculté des sciences d'agadir. P 156
- > Villeneuve, M., Cornée, J.J., 1994. Structure, evolution and paleogeography of the West African craton and Bordering belts during the Neoproterozoic. Precambrian Research 69, 307–326
- > WAFIK, A.(2006). Etude structurale et gîtologique des minéralisations aurifères de Bleida Far"Ouest, boutonnière de Bou Azzer El Graara, Anti"Atlas Central, Maroc. « The 4th IGCP 485 Cratons, metacratons andmobile belt : keys from the West African craton boundaries! Eburnian versus Pan"African signature, magmatic, tectonic and metallogenic implications» Algeria, 2"9 December 2006.
- ➤ Wafik A., Admou H., Saquaque A., El Boukhari A., Juteau T(2001). Les minéralisations sulfurées `a Cu-Fe et les altérations associées dans les ophiolites protérozoïques de Bou Azzer et de Khzama (Anti-Atlas, Maroc), Ofioliti 26 47–62.
- Wafik A., Saquaque A., Admou H. (2000a): Compounds of Cu-Ni-Fein chromitites of the Proterozoic ophiolites of Bou Azzer(Anti Atlas central, Morocco). Abs. IESCA- 2000, 25-29 Sept. DEU-Izmir (Turquie), p146
- ➤ Wafik A., Admou H., Saquaque A., El Boukhari A., Juteau T. (2000): les sulfures de Cu-Fe associés aux complexes filoniens des ophiolites protérozoïques de Bou Azzer et de Khzama (Anti-Atlas central, Maroc) (Abs). 18ème réunin desSciences de la terre 17-20 Avril 2000. Paris (France).
- Walsh, G.J., Aleinikoff, J.N., Benziane, F., Yazidi, A., Armstrong, T.R., 2002. U-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic Tagragra de Tata inlier and its Neoproterozoic cover, western Anti-Atlas, Morocco. Precambrian Research 117. 1-20.

ANNEXE (Tableau)

