




Année Universitaire : 2017 / 2018



Licence Sciences et Techniques : Géoressources et Environnement
MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques



Etude tectono-minière des structures à fluorine dans le gisement d'El Hammam et exploration des sulfures au secteur de Bouqachmir (NE Maroc Central)

Présenté par:
BENDRIOUA Saad

Encadré par:

Pr. HINAJE Saïd, FST-Fès

Mr. SOUIAH Mohammed ,(SAMINE)

Soutenu Le 09 Juin 2018, devant le jury composé de:

Pr. HINAJE Saïd (Encadrant - FST)

Pr. CHARROUD Mohammed (Examineur)

Pr. EL AZZAB Driss (Examineur)

Mr. SOUIAH mohammed (Invité)

Stage effectué à : Société Anonyme d'Entreprises Minières



REMERCIEMENT :

Au terme de ce travail, je tiens tout d'abord à remercier Monsieur le Directeur de la Société Anonyme des Entreprises Minières (SAMINE) M. Rachid LARHOUTI qui, par son avis favorable a permis ce stage d'avoir lieu.

Tous mes remerciements et ma gratitude vont à mes encadrants le Professeur-Géologue Mr. Saïd Hinaje de la FST de Fès et Mr. Mohammed SOUIAH, géologue chargé d'exploration à la SAMINE ainsi Mr. khalil LAABARTA géologue chargé d'exploitation, Je leur remercie de m'avoir accordé leur confiance, et de m'avoir donné l'opportunité de travailler sur ce projet. Je leur remercie également de m'avoir encadré avec patience et gentillesse et aussi pour leurs explications et précieux conseils tout au long de ce stage.

Je remercie également tous les enseignants faisant équipe pédagogique de la licence GRE «Géoressources Et Environnement».

Mes remerciements s'adressent également à toute l'équipe du service géologique pour leur aide, leurs conseils et leur soutien permanent.

Je tiens à remercier tous les employés de la mine, en particulier à Mr. Oujja Mostapha , Omar Aghoujdami , Tahar Rachid , géologues à la SAMINE, pour la sympathie qu'ils m'a adressé.

Sans oublier de remercier Mr. Hassan Baroudi qui m'a facilité beaucoup de taches au cours de ce travail .

Mes remerciements s'adressent enfin à toute ma famille et mes collègues étudiants de la FST de Fès.

SOMMAIRE

REMERCIEMENT :	1
SOMMAIRE	2
RESUME :	5
Première partie: Généralités (synthèse bibliographique)	6
I : EVOLUTION TECTONO-SEDIMENTAIRE DU MAROC CENTRAL:	7
1. CADRE STRUCTURAL :	7
2 .ÉVOLUTION SEDIMENTAIRE	8
II : GEOLOGIE DE LA REGION D'EL HAMMAM :	10
1. CONTEXTES GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE :	10
A. SITUATION GEOGRAPHIQUE :	10
B. CADRE GEOLOGIQUE :	10
C . CADRE STRUCTURAL :	13
D. METAMORPHISME :	15
E- MAGMATISME :	16
F- CHRONOLOGIE DES INTRUSIONS MAGMATIQUES :	17
G- MINERALISATION :	17
2. SYNTHÈSE :	20
III : ORGANISME DE LA SAMINE ET METHODE D'EXPLOITATION (d'après des rapports inédits de la mine)	21
1. MANAGEM	21
2 . PRESENTATION DE LA SAMINE	21
3. METHODE D'EXLOITATION (TMR)	22
A. ETAPE PREPARATOIRE :	22
B. TRAÇAGE OU LA PREPARATION DES PANNEAUX D'EXPLOITATION :	23
C . PRODUCTION :	23
D . AVANTAGES DE LA TMR :	24
<i>Deuxième partie: Etudes structurale , lithologique & géochimique du secteur entre Sidi El Hammam et Moufrès</i>	25
I . SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE :	26
II. TRAVAUX EFFECTUES	28
I .ESQUISSE CARTOGRAPHIQUE :	28

A . DEMARCHE DE TERRAIN :	28
B . CARTOGRAPHIE NUMERIQUE :	28
II.SYNTHESE DES LEVES GEOLOGIQUES :	32
.....	33
III.TECTONIQUE :	33
A. DEFORMATIONS DUCTILES :	33
B .DÉFORMATIONS CASSANTES.....	35
IV. L'ETUDE PETROGRAPHIQUE :	37
A. LES SCHISTES TACHETES.....	37
B .LES CALC-SCHISTES.....	38
.....	39
V. PROSPECTION PAR TRANCHEES.....	39
VI. COUPES STRUCTURALES ET CORRELATIONS AVEC SONDAGES ET OUVRAGES MINIER :	40
.....	40
1. SONDAGES CAROTTES.....	40
2. LES LEVES MINIER.....	41
.....	44
VI. CARTE D'ISOTENEURS DE LA MINERALISATION FLUORIFERE.....	45
VII. CONCLUSION.....	46
VIII. RECOMMANDATIONS :	46
I . INTRODUCTION.....	48
II. ZONE D'ETUDE.....	48
III.ETAPES DE LA PROSPECTION.....	49
1.DELIMITATION DE LA ZON D'ETUDE :	49
2. DELIMITATION DE LA ZONE D'ECHANILLONNAGE :	49
3 . ECHANTILLONNAGE :	50
4 . CARTOGRAPHIE DES ANNOMALIES ALLUVIONAIRES :	51
5. CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE.....	52
6. CONCLUSION :	53
CONCLUSION GENERALE.....	54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :	55
ANNEXES.....	57
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	60

RESUME :

Le district d'El Hammam est situé à 65km au SE de la ville de Meknès. Le gisement est surtout connu pour sa minéralisation fluorifère exploitée depuis les années 1940. La SAMINE (Société Anonyme d'Entreprises Minières), filiale du groupe MANAGEM reprend l'exploitation de la mine depuis l'année 1997.

Bien qu'elle est créé au départ pour l'exploitation de la fluorine d'El Hammam, la SAMINE mène également des travaux de prospection des sulfures (Sn, Pb, Zn, Cu, Ag et Au) sur des permis situés aux alentours de la mine (Bouquachmir, Aguelmouss , Tifoughaline , Ouljet Essoltane ...) Ainsi, plusieurs structures filoniennes à minéralisation de sulfures et d'extension plus ou moins importantes sont reconnues au sein du district.

Dans le secteur de Bouquachmir, situé à 45 km au Sud du centre minier d'El Hammam, des travaux récents de prospection ont permis de mettre en évidence des structures à indices d'Antimoine. L'exploration de nouvelles structures similaires feront l'objet d'étude du premier chapitre de ce projet.

Ainsi qu'à Moufrès, qui appartient au district d'El Hammam, on signale la présence de quelques structures satellites ressortant des principaux filons déjà exploités au fond.

On déduit de la cartographie géologique détaillée des terrains paléozoïques de ce secteur, où les terrains sont représentés par des schistes et carbonates du Viséen moyen-supérieur et des terrains schisto-grésocarbonatés du Viséen supérieur skarnifiés localement.

Une étude structurale nous a permis d'établir une relation entre la mise en place de la minéralisation riche en plomb et le contexte géologique de la zone.

La minéralisation est en remplissage dans des fractures de type Riedel liés à des mouvements cisailant postérieurs à la phase majeure de l'orogénèse hercynienne. Sa genèse est liée à la circulation des fluides hydrothermaux de basse température empruntant le réseau de fractures laissé par les phases tectoniques de l'orogénèse hercynienne. Ce modèle génétique est similaire à celui des minéralisations filoniennes à F-Ba-Pb-Sn avec parfois de l'Ag connu dans le Maroc central (Tighza, Jbel Ouam, Zrahina) et sur toute la chaîne hercynienne (massif central français, Portugal, Ouest de l'Espagne).

Les objectifs fixés pour ce travail sont :

- Cartographie détaillée 1/500 du secteur Moufrès (district d'El Hammam) et reconnaissance de nouvelles structures satellites par corrélations avec sondages et levés miniers.
- Superposition des données géophysiques aéroportés et feuilles topographiques (Bouquachmir ;Tifoughaline 1 : 50 000) afin de préciser le lieu de prélèvement des échantillons sur talwegs et établissement d'une carte d'anomalies alluvionnaires de manière à détecter les structures sulfurées qui ont eu sources pour ces anomalies.

Première partie:
Généralités (synthèse
bibliographique)

I : EVOLUTION TECTONO-SEDIMENTAIRE DU MAROC CENTRAL:

1. CADRE STRUCTURAL :

Le massif du Maroc Central fait partie de la chaîne hercynienne ayant la particularité de rester tectoniquement active durant le cycle alpin. Il est constitué, à l'affleurement, de terrains paléozoïques sur lesquels reposent, en discordance, des terrains d'âges postérieurs ; triasiques, liasiques, tertiaires et quaternaires.

Ce massif est subdivisé en plusieurs unités structurales (Termier, 1936 ; Piqué, 1964) qui sont constituées de roches anchi à épimétamorphiques de nature lithologique variée, dont la structuration majeure est NE-SW. Ces structures se matérialisent par une suite d'anticlinoriums et de synclinoriums (Termier, 1936), répartis en cinq grandes zones (Michard, 1976). Ils sont séparés par des mégafailles qui ont joué en limite de bassin au Carbonifère et en cisaillements lors des compressions tardi-hercyniennes (Piqué et al, 1979) ;

De l'Ouest vers l'Est (fig 1-B) on distinguera les structures suivantes :

- l'anticlinorium de Casablanca.
- le synclinorium de Ben-slimane et celui de Sidi Bettach, séparés par la zone de l'Oued Cherrat. La partie nord de cette zone est limitée par l'anticlinorium de Rabat-Tiflet.
- l'anticlinorium de Khouribga-Oulmès, caractérisé par la présence du granité d'Oulmès.
- le synclinorium de Foughal-Telt, marqué par la présence de l'intrusion granitique du Ment .
- l'anticlinorium de Kasbat Tadla - Azrou jalonné par des intrusions granitiques de petite taille ,connues sous le nom des intrusions de Jbel Auam .

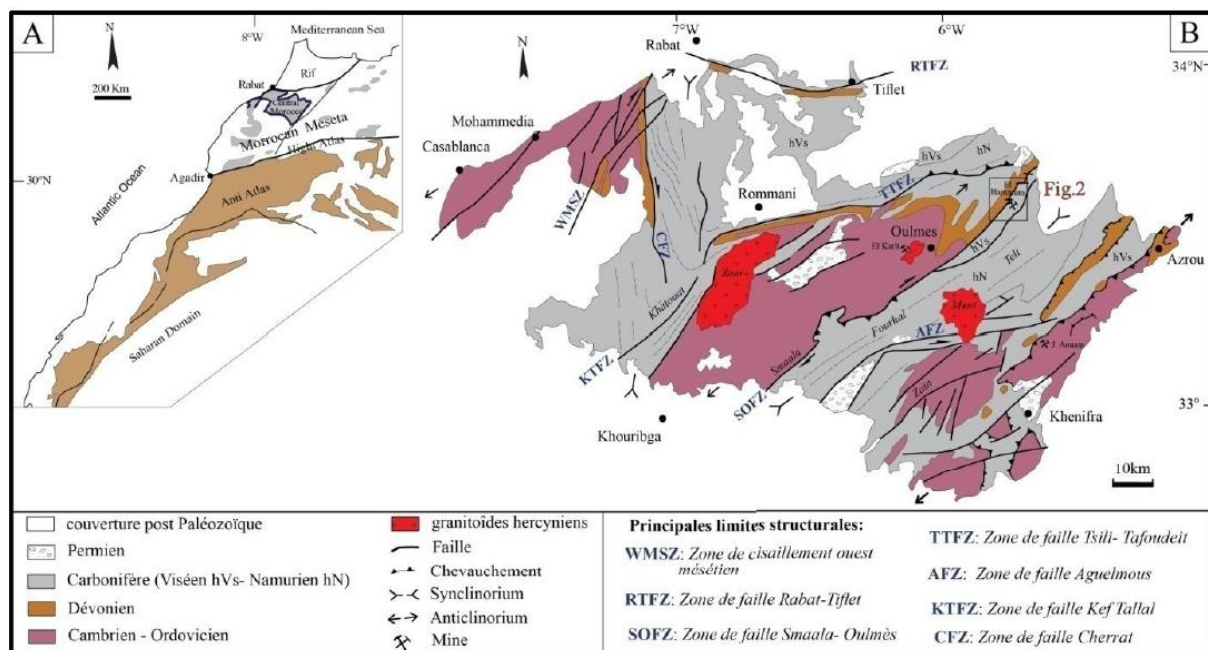


Figure 1 : A : carte des domaines structuraux du Maroc, avec localisation du Maroc central. B: principales unités structurales (d'après Michard 1976, Fadli et al. 1991).

2 .ÉVOLUTION SEDIMENTAIRE

Les formations paléozoïques rencontrées s'échelonnent du Cambrien au Permien. Durant le paléozoïque inférieur, se sont déposés des édiments de plate-forme sur un socle précambrien mal connu, à l'exception des formations reconnues au niveau de Jbel haddid dans la région de khénifra.

a. Cambrien :

Les formations Cambriennes sont globalement semblables sur l'ensemble du Maroc, ce qui suggère qu'à cette époque le Maroc forme un seul bassin (Amenzou, 1996). C'est une épaisse série montrant à la base des calcaires parfois associés à des roches volcano - détritiques, puis des schistes et quartzites formant les principaux affleurements antiformes (Bled Zayane) de l'anticlinorium de Khouribga -Oulmès.

-Le Cambrien inférieur (Géorgien) est principalement carbonaté à Archéocyathes avec des niveaux détritiques rougeâtres au sommet.

-Le Cambrien moyen (Acadien) a connu une importante activité volcanique associée à des grauwackes et des schistes à Paradoxidés.

-Au Cambrien supérieur (Postdamien) , peu développé , les formations sont essentiellement pélitiques (Amenzou,1996).

Ordovicien :

Il est marqué par l'absence de l'activité volcanique . Les formations ordoviciennes sont formées principalement par des matériaux détritiques . Plusieurs auteurs (Michard,1976 ; Piqué, 1979 ; Hopffner,1987) notent que le bouclier ouest africain montre des dépôts contemporains des glaciations manifestés à cette époque.

b. Silurien :

Une vaste transgression glacio-eustatique, probablement en relation avec la fonte des masses glaciaires Ordoviciennes, a donné des dépôts de schistes noirs à graptolites avec des passées calcaires et de grains fin.

c. Dévonien :

* Dévonien inférieur et moyen :

Il est représenté par des argiles et marqué par les premiers symptômes de la tectonique hercynienne qui se manifeste par une subsidence différentielle avec des faciès carbonatés récifaux et des hauts fonds sur les rides (Hollard, 1978).

La phase bretonne se manifeste entre le Famennien et le Viséen supérieur par la formation de grands plis déversés vers l'ESE accompagnés de schistosité de fracture ou parfois bien développés dans des bandes cartographiques de direction NE (Hopffner , 1987).

* Dévonien supérieur :

Il est marqué par le soulèvement de larges blocs (bloc côtier , bloc zaer et bloc sehou) séparés par des zones subsidents remplis par des faciès chaotiques et des matériaux volcaniques au voisinage des failles.

d. Carbonifère:

* Tournaisien

Il se caractérise par des faciès chaotiques semblable à ceux du Dévonien supérieur . Il est volcano-sédimentaires aux bordures des failles. En revanche, il est formé par des pélites et des calcaires vers l'intérieur du bassin. Toutefois il faut souligner qu'on trouve aussi des dépôts volcano-sédimentaire vers le centre .

* Viséen :

Une transgression générale a donné lieu à une épaisse série péritique . Celle - ci comporte à la base des conglomérats et des calcaires discordants. Elle passe progressivement à des flyschs viséo-namuriens d'extension considérable.

La deuxième phase majeure de plissement dite phase namuro- westphalienne (ou phase asturienne) a eu lieu avant le dépôt du Westphalien supérieur. Elle s'est manifesté par un métamorphisme général accompagnée de chevauchements

Le relâchement des contraintes compressives est sans doute à l'origine de la mise en place des microgranites et de l'ensemble du stock granitique calco-alcalin du Maroc Central. Leur âge est estimé aux environs de 290 Ma (Mrini et al ,1992).

- *Stéphano- autunien*:

Le westphalien terminal est marqué par une tectonique cassante essentiellement décrochante donnant naissance à des bassins tardi-orogéniques, tel que celui de Sidi Kacem .

e. Permien :

Le permien inférieur se caractérise par la formation de petits bassins intramontagneux accompagnés de manifestations volcaniques calco -alcalines et alcalines, et associées à des grands décrochements fragmentant ainsi l'ensemble du domaine varisque .

II : GEOLOGIE DE LA REGION D'EL HAMMAM :

1. CONTEXTES GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE :

A. SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Le district d'El Hammam se situe dans la partie septentrionale du Maroc central. Il se trouve à environ 45km au NE du village d'Oulmès, et à 65km au SW de Meknès. L'accès à la mine se fait par la route régionale entre Meknès et Oulmès (Fig 2).

La région présente une altitude moyenne comprise entre 650 et 950 m. le climat est de type continental où la température est de plus de 30-35°C en été et de 0-15° C en hiver. La zone connaît une couverture végétale dense en état de dégradation.

Du point de vue morphologique, le secteur est entaillé de profondes vallées laissant apparaître de hautes crêtes, dont les plus importantes sont: J. Achemèche (1230m), J. Moufrès (1205 m), J. Ain kerma (1195m), J. Lalla Mimouna (1114m) et J. Mkid (1101m) (Rahho, 1996).



Figure 2 : Trajet d'accès à la mine depuis Meknès sur image satellite

B. CADRE GEOLOGIQUE :

- Historique et travaux antérieurs :

L'étude générale sur les gisements de fluorine au Maroc (Agard et Morin 1951) avait montré l'importance minière de la région d'El Hammam. L'intérêt d'un travail d'exploration plus détaillé de la région fût donc nécessaire. Ainsi Agard et Morin (1954 et 1955) établissent des coupes pour permettre une meilleure compréhension géologique de la région.

L'existence de la fluorine dans le secteur d'El Hammam est signalée depuis 1932 par J.Barthoux (Jebrak, 1985)

- Séries stratigraphiques :

Les formations définies dans la région sont d'âge paléozoïque et constituent deux ensembles séparés par une discordance majeure. Les formations cartographiques sont d'âge ordovicien, silurien et dévonien et carbonifère (Rahho 1996) (fig 3) l'ensemble se présente en synclinaux et anticlinaux de direction générale NE -SW (Agard, 1966).

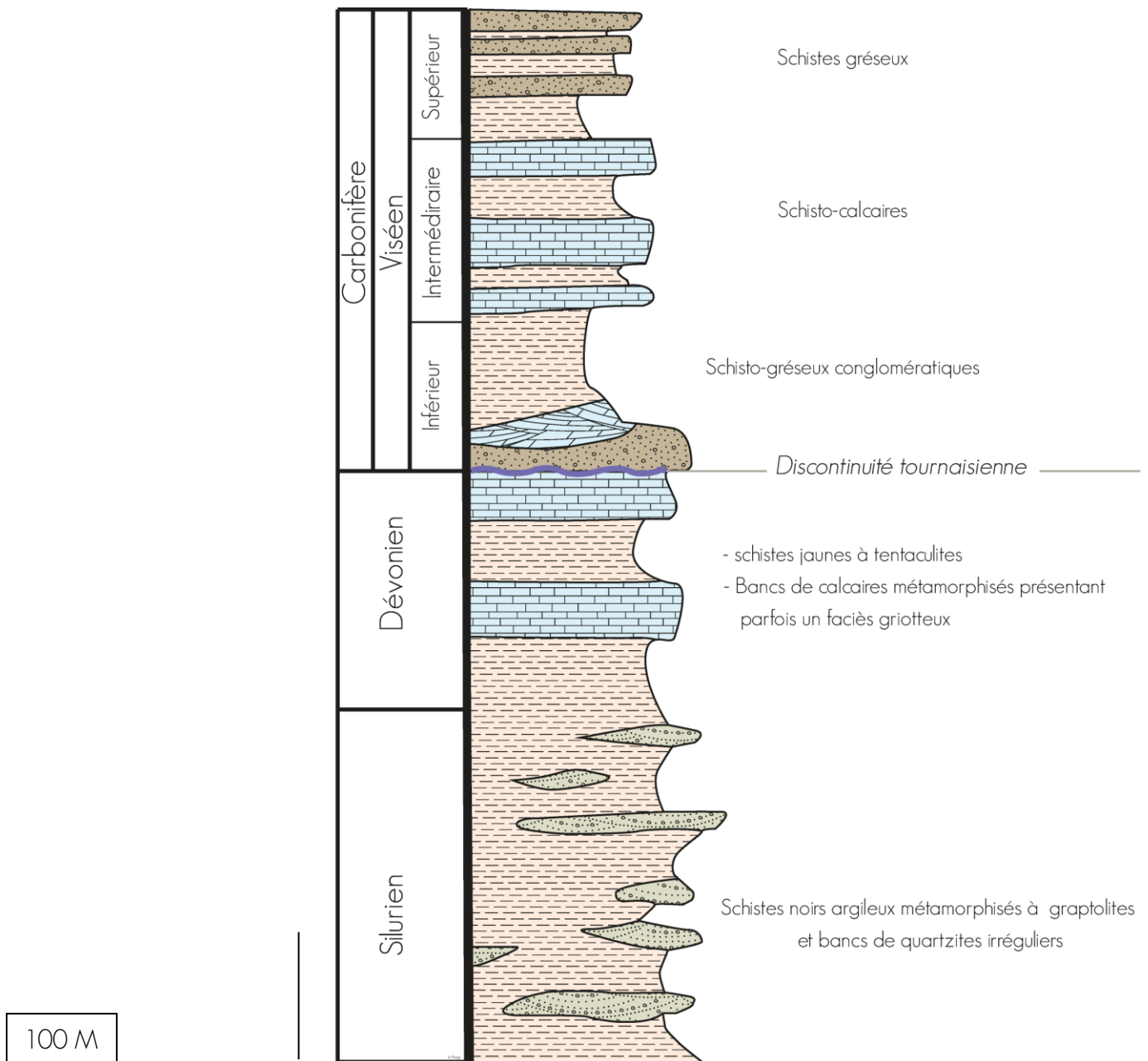


Figure 3 : Log stratigraphique synthétique de la région d'El Hammam

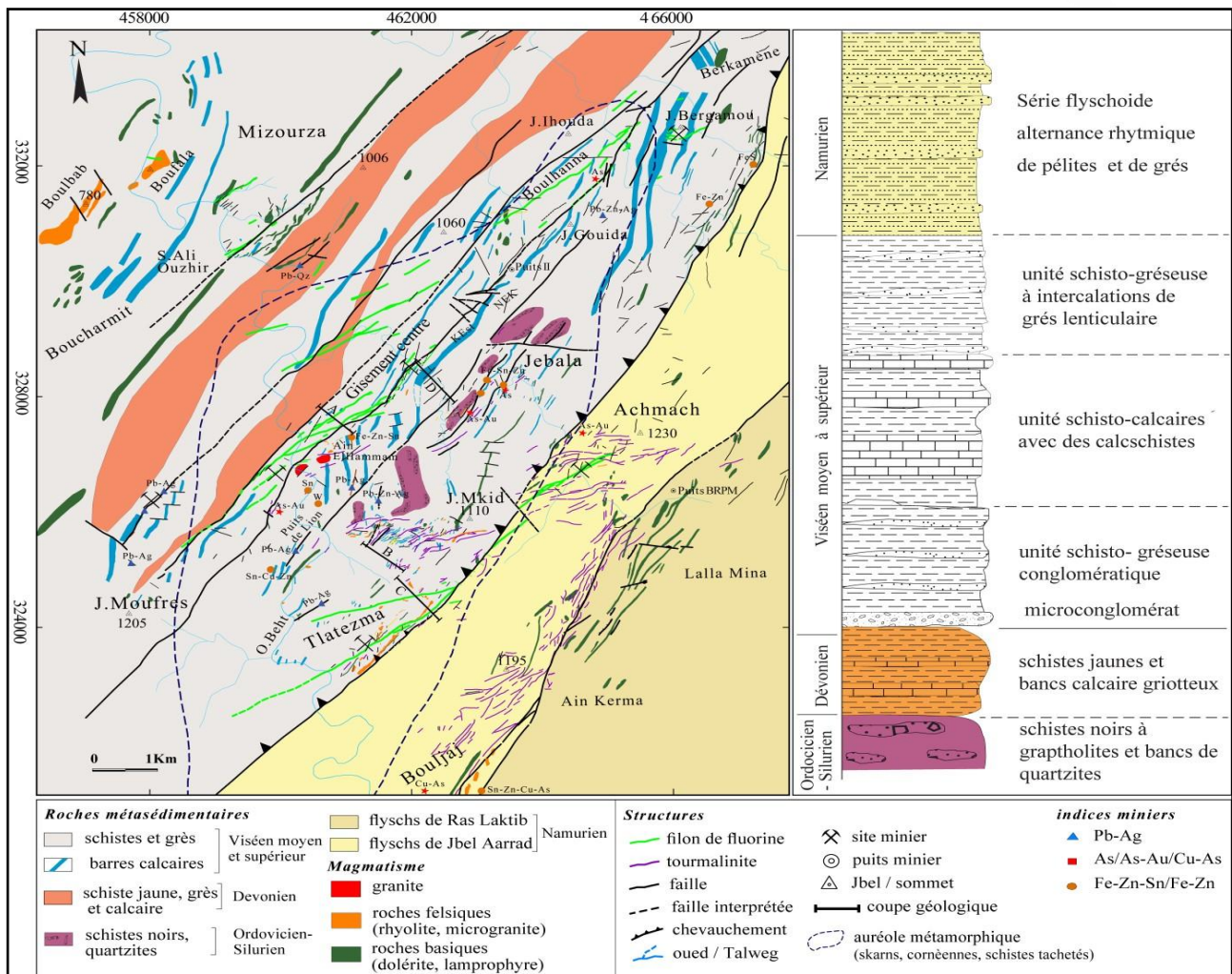


Figure 4 : Carte géologique du district d'El Hammam (Agard 1966, Baoutoul 1991, Zouhir 1993, modifiée et complétée Baamar 2017) et sa colonne stratigraphique synthétique. .

-L'Ordovicien et le Silurien : les formations de cet ensemble forment de boutonnières anticlinales à l'Est où l'on distingue deux termes :

- des schistes noirs , micacés , riches en matière organique . Ils semblent correspondre à une sédimentation profonde et sont riches en graptolites qui leurs donnent un âge du Wenlock ,
- des bancs métriques et décimétriques de quartzites microconglomératiques qui sont complètement disloqués par une tectonique postérieure. Ces formations sont reportées à l'Ashgill.
- Les dépôts dévoniens : ils sont visibles grâce à un anticlinal à l'W de la mine d 'El Hammam . Il est constitué par des schistes jaunes à tentaculites et de petits bancs de calcaire griotteux similaire au faciès griotte typique du Dévonien des régions avoisinantes.
- La série carbonifère : Ses dépôts sont discordants sur l'anticlinorium dévonien . Il est représenté par une série viséenne qui couvre la majeure partie du district d'El Hammam et renferme la quasi-totalité des minéralisations en fluorine.

La série du Viséen peut être divisé en deux ensembles séparés par les terrains dévoniens formant la zone centrale du district :

- le premier ensemble, situé au SE de l'anticlinorium dévonien, peut être subdivisé en trois unités principales :
 - a- la série basale comportant plusieurs faciès à caractère détritique ou pélitique (conglomérat, microconglomérat, grès, schistes). Cette première est peu puissante atteignant une centaine de mètres.

b - une série schisto-carbonatée contenant une à trois barres carbonatées (jusqu'à 50m de puissance) intercalées dans des schistes plus ou moins calcaireux. Des faciès conglomératiques sont localement présents en petits bancs décimétriques. C'est dans cette série que ce développe les bancs skarnifiés.

c- Une série pélitique comportant des schistes pélitiques gréseux et des grès (en alternance avec de petits bancs gréseux décimétriques). Cette série présente un faciès flyschoidé.

- Le second ensemble , au NW de l'anticlinorium dévonien , comporte une série plus complexe, encore assez mal connue . On peut toutefois y distinguer une série basale schisto-grésocarbonatée et une série pélitique passant à des bancs de grès.

Un ensemble d'intrusions basiques (gabbro , dolérite) et acides (microgranite) apparaissent aux bordures ouest du district (Jbel Boulbab) , alors que vers l'Est apparaissent de grandes zones broyées ENE -WSW cimentées par la tourmaline (Jbel Achemèche). [Le fait essentiel est l'apparition d'une auréole de métamorphisme de contact au coeur du district, dont la paragenèse clinocllore - cordiérite- andaloussite- muscovite - feldspath potassique indique des conditions maximales de $T < 600^{\circ}\text{C}$ et $P < 2 \text{ Kbar}$ (Sonnet , 1981).

A l'exception d'une seule apophyse affleurant dans la vallée , d'Oued Beht montre une composition de monzogranite hyperalumineux d'origine crustale et des faciès tachetés. Toutefois aucune intrusion granitique n'affleure dans le site exploité d'El Hammam.

C. CADRE STRUCTURAL :

Les terrains du district d'El Hammam , comme ceux du reste du Maroc central, ont été structurés par les différentes phases de l'orogénèse hercynienne. Mais seuls les effets des phases post-viséennes y sont bien visibles . Les effets de la tectonique anté-viséenne , bien marquée en d'autres endroits , sont souvent dissimulés par les phases ultérieures.

-Déformations souples :

Les terrains du viséen supérieur sont affectés par des plissements importants liés à une phase de compression NW -SE . La région d'El Hammam est structurée en conséquence en plusieurs unités de direction générale NE-SW.

Ainsi , dans le secteur de la mine, on reconnaît une succession d'anticlinaux et de synclinaux à plis synschisteux , isoclinaux , déversés légèrement vers le SE.

Du NW vers le SE , on distingue la succession structurale suivante (fig 5) :

- L'anticlinal de Bou Lhanna :

Il se prolonge en direction NE, jusqu'au plateau du Saïs et vers le SW jusqu'à J.Moufrès. Il est composé de formations dévoniennes comportant une barre de calcaire métamorphique qui forme une arête émergeante dans le paysage (à l'W du col de la mine) .

- Le synclinal de la mine ou de J. Gouaïda :

Il renferme la quasi-totalité des filons de fluorine, mais également des affleurements de skarns et de sulfures. Il se pince vraisemblablement vers le Nord de J.Gouaïda où les terrains sont recoupés par la faille d'El Hammam dont le réseau de fractures est emprunté par la minéralisation fluorifère.

- L' anticlinal des quartzites siluriens :

De structure complexe, il se prolonge au SE de J.Moufrès où des schistes noirs et des quartzites du Silurien sont bien visibles en tâches, au coeur de la série de base du viséen supérieur ,

- Le synclinal de J. Berkamène :

S'étendant de J.Kifane au nord jusqu' à Tlatazma au sud, ce synclinal, très ouvert, présente des replis anticlinaux donnant une importante épaisseur apparente à la série viséenne . Il encaisse le puissant dyke de dolérite de J.Mkid,

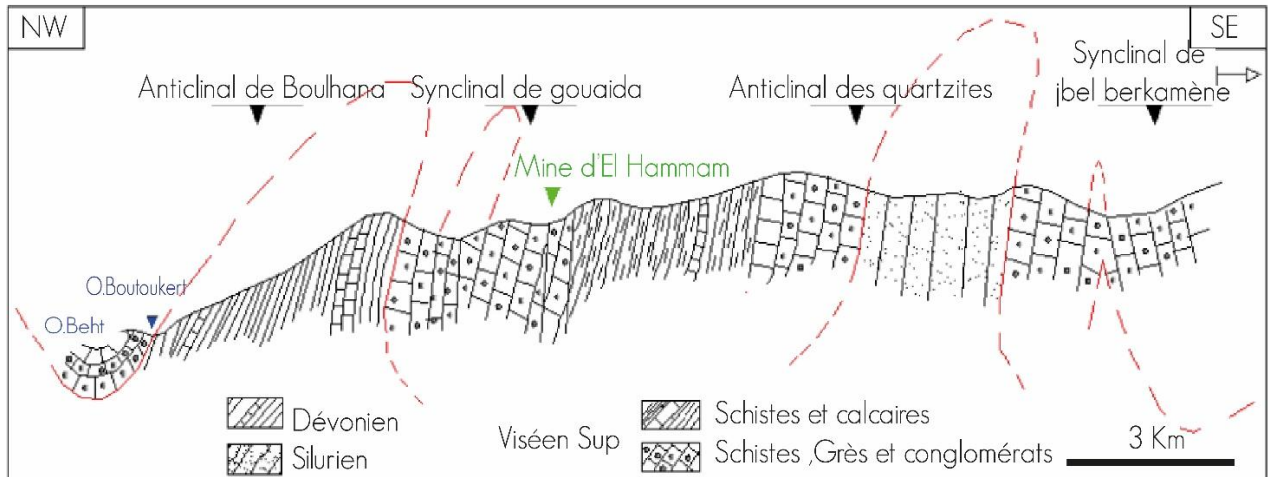


Figure 5 : Coupe schématique de la région d'El Hammam (Lummen, 1979).

- Déformations cassantes :

Le district a été affecté par une intense fracturation observée à toutes les échelles avec des directions variables NE-SW à E-W.

Au cœur et à l'Est du district, on note la présence d'un réseau de failles de direction NE-SW appelé globalement faille d'El Hammam.

Les failles de direction NE-SW contrôlent la plus grande partie des structures du district (fig 6). Trois types de mouvements sont mis en évidence (Jebrak, 1984) :

- Un jeu inverse probablement responsable du jeu de la faille d'El Hammam.
- Un jeu dextre, synchrone de la mise en place de la minéralisation.
- Jeu senestre tardif.

Les directions NNW-SSE à N-S correspondent à des failles à pendage subvertical et à jeu senestre.

La direction WNW-ESE est rencontrée au niveau des filons de fluorine au nord de la mine.

La direction ENE-WSW correspond à une zone de broyage colmatée par les grandes structures à tourmaline de l'Achemèche. Il s'agit des failles dont le jeu est dextre subhorizontal.

La direction E-W correspond à des failles subverticales à jeu normal ou inverse avec des structures à tourmaline (J.Achemèche) et fluorine dans le J.Achemèche et au nord de J.Berkamène (Souhassou, 1997).

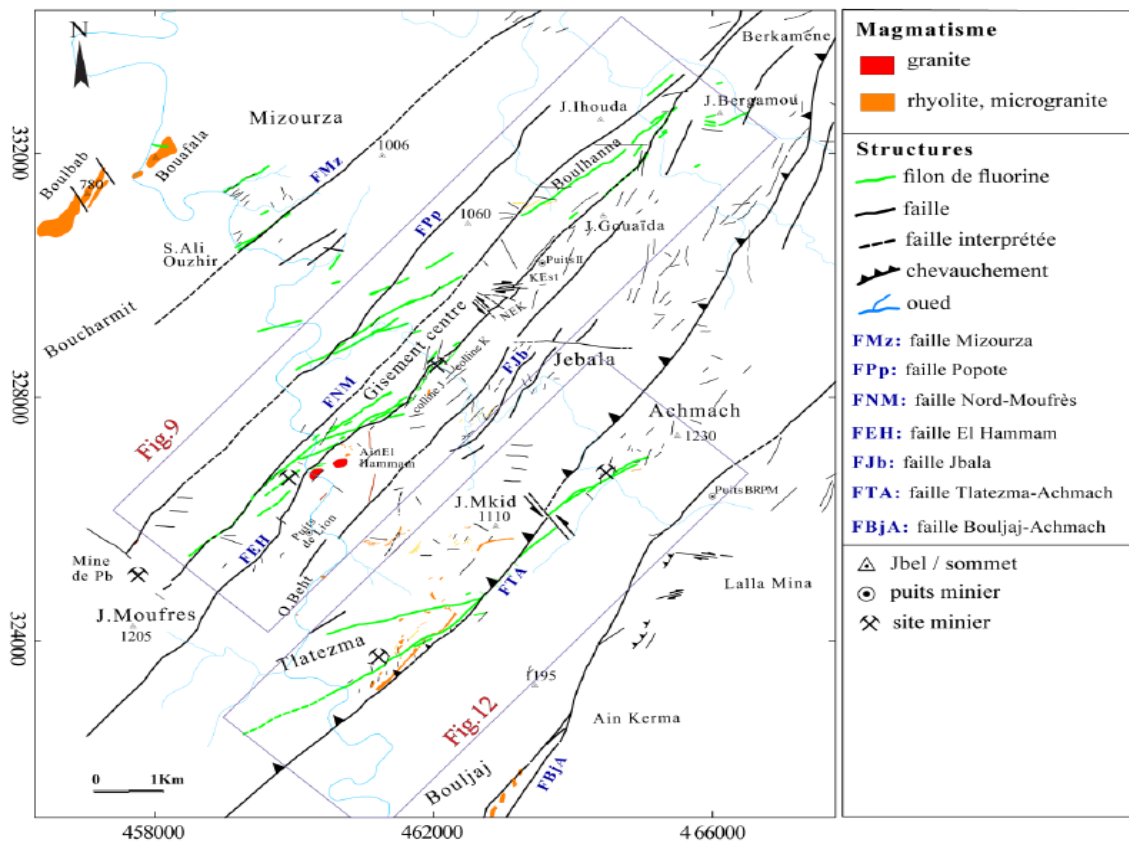


Figure 6 : Carte des filons de fluorine du district d'El Hammam (Baamar et al 2017).

Type de structures		Direction	Minéralisation	commentaire
	Jeu inverse			contrôlent la grande partie des structures
Faïlles	Jeu inverse	NE-SW	Fluorine	réseau des failles NE-SW (E1)
	Jeu senestre lardif			3 types de mouvements mis en évidence
Faïlles à jeu dextre		ENE-WSW	tourmaline (Sn)	associées à des grandes structures de tourmalinite à achemeche
Faïlles à jeu senestre		NNW-SSE à N-S	plomb	minéralisations à gangue calcitique
Filons		ESE-WNW	fluorine	sécantes sur la direction NE-SW
Faïlles à jeu normal ou inverse		E-W	Fluorine et tourmaline	présente à Jbel Achemeche et au Nord de Jbel Berkamène

Figure 7 : Récapitulatif du contexte structural d'El Hammam (baamar 2017)

D. METAMORPHISME :

Le batholite enfoui d'Achemèche développe une importante zone de métamorphisme de contact. Celui-ci se marque dans les pélites par une oblitération du clivage schisteux et l'apparition de tâches. Dans les carbonates se développent des cornéennes et des skarns.

Ph.Sonnet (1981) a montré, en se basant sur des équilibres déterminés expérimentalement dans le système KMASH que l'on pouvait distinguer dans les schistes six faciès de métamorphisme à degré

croissant , dont le plus élevé est celui correspondant à l'association à quartz, cordiérite, biotite et feldspath potassique . On note l'absence de la sillimanite.

Cette association permet d'estimer les conditions maximales de métamorphisme à $P < 2$ Kbar environ et $T < 600$ ° C .

Dans les calcaires, l'expression du métamorphisme est beaucoup plus anarchique et on y rencontre des barres isolées d'âge viséen transformées en barrégiennes. D'une manière semblable, les filons de dolérites sont transformées en amphibolites (Vercruysse , 1986 et Ben Yahia , 1988) .

E- MAGMATISME :

Il existe trois grands types de roches magmatiques dans le district d'El Hammam : des dykes et des sills de dolérite, des dykes de microgranite et un (référence dimensionnelle) massif granitique enfoui, dont seule une apophyse apparaît au fond de l'Oued Beht (granite d'El Hammam).

- Les dolérites :

Du point de vue pétrographique, ces roches , quand elles ne sont pas affectées par le métamorphisme, présentent une texture ophitiques. Les plagioclases en lattes sont englobés dans de l'augite automorphe . L'olivine est présente en cristaux non zonés et porte les marques d'une corrosion (golfs de corrosion et contours dentelés). Il existe aussi un peu de quartz primaire en phénocristaux montrant le caractère tholéitique de ces roches (Vercruysse,1986). Accessoirement, on trouve du feldspath potassique, du sphène , de l'ilménite et de l'apatite .

Les dykes de dolérites sont métamorphisés dans l'auréole du granite d'El Hammam et sont repris par une schistosité appartenant sans doute à la phase P1 , Ceci suggère donc un magmatisme dont la mise en place est précoce (Vercruysse , 1986 et Ben Yahia , 1988) .

- Les microgranites :

De nombreuses variations minéralogiques et texturales sont observées pour les dykes de microgranites. Néanmoins, on passe de microgranites composés de quartz sub-automorphe , de feldspaths potassiques et de plagioclases, à des microgranites de quartz xénomorphes , orthose micro - pegmatitique, biotite chlorotisée et lattes de plagioclase. Plus au NE, les filons tendent à acquérir un faciès de rhyolites blanches , fluidales et porphyriques .

Dans la plupart de ces microgranites, on observe une tourmalinisation ou des cristallisations de pyrite que l'on peut attribuer au batholite du granité enfoui.

Les dykes de microgranite sont donc antérieurs au granite (tourmalinisation). Quant à leur relation avec les dolérites, elle est plus complexe et discutable.

- Le granité d'El Hammam :

Ce granité n'affleure qu'entre Aïn El Hammam et l'Oued Beht sur une bande large de 150 mètres pour une longueur d'un kilomètre. L'étendue de la zone de métamorphisme , à forme plus ou moins elliptique, est de 11km sur 8km ce qui laisse soupçonner la présence d'un important massif enfoui.

Pétrographiquement, le granité d'El Hammam (pour un échantillon de sondage) comprend surtout du quartz, des plagioclases très muscovitisés (Amenzou(1996), des muscovites en gerbes, des chlorites et de l'ilménite.

Localement, on peut déceler des variations de faciès . On trouvera par exemple un granité « tacheté » caractérisé par la présence d'andalousite et cordiérite, ou un granité avec une plus grande abondance en muscovite, ou encore un granite albitique qui se distingue par une abondance de plagioclases.

Concernant le granite tacheté, provient, selon Sonnet (1981), d'une assimilation des roches microgranitiques par le granite. Il se base surtout sur des considérations de similitude de composition globale entre ce faciès tacheté et les microgranites.

F- CHRONOLOGIE DES INTRUSIONS MAGMATIQUES :

Le magmatisme de la région d'El Hammam est d'âge paléozoïque. Il s'est développé en 3 temps : (Vercruyse, 1986 et Ben Yahia, 1988).

- Magmatisme basique : (intrusion de dolérite) en sills la plupart du temps et en dykes quelquefois, dans les séries dévoniennes et viséennes.

- Magmatisme acide (microgranite) apparaissant peu après la déformation majeure P1.

- Granité d'El Hammam Mise en place d'un batholite fini-tectonique dont la genèse est attribuée à la fusion des matériaux crustaux sialiques.

G- MINÉRALISATION :

Les minéralisations du district d'El Hammam peuvent être classées en trois groupes (Sonnet, 1981) :

- Skarns à tungstène, étain et bore mis en place par métasomatose dans les calcaires viséens.

Ce sont des minéralisations précoces.

- Minéralisations sulfurées filoniennes subméridiennes à pyrrholite abondante, blende, chalcopryrite, scheelite, bismuth et fluorine.

- minéralisations fluorifères en filons de fluorine orientés NE-SW et E-W.

- Les minéralisations sulfurées :

A El Hammam. La concentration des sulfures se fait sous différentes types morphologique (Kosakevitch, 1965 ; Kaisin, 1997)

- minéralisation disséminée dans la roche encaissante :

Les sulfures sont contenus dans les pélites, les grès et les bandes carbonnées. Deux types de sulfures sont observés : la pyrite et la pyrrhotite, cette dernière, plus fréquente, est sous forme de grains de très petite taille, ces lamines sont rares et assez fines.

- filons :

Deux types de veines peuvent être distinguées selon la nature de leur remplissage

1- les fractures contiennent pyrrhotite - pyrite - calcite - quartz. La chalcopryrite peut être associée à la pyrrhotite.

Les fractures à sphalérite - galène - calcite.

- Minéralisation dans les plans de schistosité :

Une bonne part de sulfures, essentiellement de la pyrrhotite s'intercale dans les plans de schistosité.

D'une façon générale, les minéralisations sulfurées, dans le district d'El Hammam, sont essentiellement filoniennes dans les milieux non calcaires (schistes, granites, dolérites) et disséminées dans les skarns et les cornéennes calcosilicatés.

L'étude des paragenèses sulfurées a permis d'en déterminer trois associations qui se succèdent (Sonnet, 1981) :

- Une paragenèse à mispickel - bismuth : pouvant renfermer la chalcopryrite, la galène, l'or, la pyrrhotite et le sphalérite en présence de la cassitérite dans des fractures au sein des schistes tourmalinisés.

- -Une paragenèse à pyrrhotine, sphalerite et chalcopirite : mise en place par sulfuration des skarns. Dans les skarns stannifères, il y a apparition de cassitérite et de stannite. Les minéraux sont soit disséminés dans l'encaissant métamorphique en laminations stratiformes dans les formations métamorphiques. Elle peuvent atteindre les formations hors auréole de métamorphisme de contact.
- Une paragenèse à pyrrhotine, bismuth, scheelite et fluorine : mise en place dans les skarns tungstifères par silicification ou dans des veines quartzieuses non liées aux skarns. On note également la présence de phases tardives, essentiellement à pyrite, chalcopirite, sphalerite et galène en dissémination stratoïde dans la barrégienne qui porte le skarn stannifère de Tlitezma rive ouest.

Dans le district d'El Hammam existe une lentille de pyrrhotine à Ain El Hammam, d'une longueur de 50m environ et une puissance de 1.5 m. Elle longe une barre calcaire transformée en skarn stannifère dit skarn d'Ain El Hammam (Sonnet, 1981).

- Skarns :

Les skarns sont des roches métagénétiques, développées au dépens de roches carbonatées (calcaires, dolomies, marbres...) au contact d'une intrusion magmatique. Ils sont souvent porteurs d'une minéralisation polymétallifère à Fe, Cu, W, Sn, Mo, Zn, Pb, Au, ...

Les minéralisations associées aux skarns d'El Hammam ont fait l'objet d'une remarquable étude minéralogique et géochimique réalisée par Sonnet (1981) et Aissa (1997). Ces skarns comportent d'importantes quantités de minéraux d'étain et de tungstène. Trois épisodes de skarns peuvent être observés :

- Skarns tungstifères,
- Skarns stannifères,
- Skarns borés.

- La minéralisation fluorée :

Les minéralisations fluorifères constituent l'objectif minier principal du district d'El Hammam. Elles étaient, de ce fait, la cible de nombreuses études préliminaires (Agard et Morin, 1951; Kosakevitch, 1965; Yajima et Toitray, 1970 ...). C'est Jebrak (1984) qui a réalisé une étude synthétique précisant les caractères géologiques des filons. Ces études ont été complétées par la suite par des travaux inédits des géologues de SAMINE.

Compte tenu de leur association minéralogique et de leur encaissant, trois familles de filons fluorés sont différenciés (Jebrak, 1982) :

- le grand filon d'El Hammam.
- les satellites filons d'El Hammam.
- les filons secondaires légèrement tardifs.

Au SW, ces filons passent par l'anticlinal dévonien de Jbel Moufrès. L'association minéralogique peut être subdivisée en deux formations (Jebrak, 1985) :

La première est à fluorine verte massive et calcite abondante. Mise en place lors d'une fracturation hydraulique (Beach, 1980). Cette minéralisation est contemporaine d'un jeu dextre NE-SW.

La seconde est plus régulière et montre une fluorine verte rubanée à pyrrhotine, quartz, et sulfures. La calcite est très peu abondante voire inexistante. Cette formation occupe tantôt la partie médiane, tantôt les zones serrées et les épontes des filons. Elle paraît donc indiquer un dépôt syncinématique (Jebrak et al. 1982). Le remplissage s'achève par une dolomitisation, une silicification et des remobilisations, qui induisent la genèse d'une fluorine jaune (Kosakevitch).

1965). Ce processus se déroule en contexte tectonique passif, aucune zonalité verticale d'origine minéralogique n'apparaît.

Autour de cette première zone, une dizaine de filons d'inégale importance montre une paragenèse sans calcite et de même type que la formation rubanée d'El Hammam. La morphologie de ces filons dépend de la structure de l'encaissant. Ainsi, on distingue des filons étroits aux épontes franches dans les schistes, des filons digités qui s'élargissent brutalement.

A la périphérie de cette deuxième zone, la barytine apparaît et les sulfures à Pb et Zn sont plus abondants. Dans les microgranites situés au NE du district, la fluorine se présente en stockwerk denses et en lentilles de puissance métrique orientées N45 et N110 et qui sont encaissées strictement dans les filons de roches intrusives. La minéralogie est simple : fluorine à rares sulfures, sans calcite.

En limite de la fluorine apparaissent au NE-SW des indices d'antimoine sur des structures indépendantes.

Les études minéralogique et structurale (Kosakevitch, 1965) ont permis de distinguer quatre phases de remplissage (fig 8) :

Minéral	Stade précoce	Stade 1 (brèche B1)	Stade 2 brèche B2)	Stade 3 (rubanement)	Stade 4 (collomorphe)
Pyrrhotine					
Quartz					
Calcite					
Fluorine Verte					
Fluorine violette à blanche					
Sulfures					
galène					
pyrrhotite					
pyrite					
chalcopryrite					
sphalérite					
Quartz					
Ankérite					
Quartz2 (géodique)					
Pyrite 2 (automorphe)					
Hématite					
Contexte géodynamique	Transtension		Extension (continuum)	

Figure 8 : Associations minérales et stades de dépôt des minéralisations fluorifères.(Jébrak 1984)

-Formation de la caisse calcitique : (calcite I) jusqu'à 15 m de puissance.

-Mise en place de la fluorine rubanée

-Réouverture de la caisse filonienne et dépôt de la calcite II et d'une fluorine de couleur sombre : cet épisode comporte également un dépôt de sulfures (pyrrhotine, chalcopryrite, blende et galène) laminant le remplissage filonien.

-Ankératisation et silicification tardive : l'Ankératisation peut affecter la quasi-totalité de la calcite du filon. L'ankérite peut être transformée localement en sidérite.

Age et conditions de mise en place des minéralisations fluorées :

Les données relatives à la datation des minéralisations fluorées du district d'El Hammam sont celles évoquées par *Jebrak (1984)*, basées sur les considérations géométriques et structurales.

En effet, les critères géométriques permettent de situer un âge de la minéralisation principale en fluorine entre celui du granite qu'elle recoupe et qui est daté de 290Ma et la pénéplanation éocène du haut pays, qui est bien marqué au niveau de Jbel Moufrès (*Deaudet, 1969*).

L'analyse de la tectonique cassante permet toutefois de préciser la chronologie. En effet, la disposition des minéralisations au sein du grand filon d'El Hammam, les observations réalisées sur des petites structures minéralisées et l'agencement régional du filon sur les directions E-W et NE-SW conjuguées témoignent de l'existence d'une compression régionale ENE-WSW contemporaine des minéralisations fluorées. Cette compression est postérieure aux accidents cassants minéralisés en Sn-W que le filon d'El Hammam recoupe.

La minéralisation en fluorine se serait donc mise en place au stéphano-autunien. Peu après les intrusions acides tardi-hercyniennes (*Jebrak, 1984*).

La reconstitution des conditions thermobarométriques de la minéralisation fluorée a permis d'estimer une température voisine de 170°C (*Yajima et Touray, 1970*). La pression est estimée à 400 bars au minimum (*Touray, 1970*). La salinité est de l'ordre de 30%. L'acidité des solutions est de l'environ de 4 ou 5.

2. SYNTHÈSE :

Le district d'El Hammam est situé sur une zone de dislocation majeure du socle hercynien au NE du Maroc Central. Il est caractérisé par l'existence d'un batholite de granite enfoui (granité d'El Hammam) qui imprime ses effets de métamorphisme dans des séries paléozoïques d'âge variable (Silurien au Namurien). Celles-ci sont à schistes dominants avec quelques horizons carbonatés.

Trois groupes de minéralisations sont reconnues :

a- *les skarns* : minéralisation dont trois générations se sont mises en place dans les roches métamorphiques d'El Hammam. Ce sont, chronologiquement, les skarns tungstifères. Stannifères et borifères. Ces trois générations, distinctes dans le temps, peuvent se superposer localement.

b- *les minéralisations sulfurées* : sont essentiellement filoniennes dans les milieux (calcaires, schistes, granite, dolérites) et disséminées dans les skarns et les conéennes, se caractérisent par l'abondance de la pyrrhotite, Sphalérite, chalcopryrite, Scheelite et bismuth.

c- *les minéralisations fluorifères* : sont de type filoniennes à remplissage de calcite, fluorine avec un stade plus tardif à sulfures et quartz. Elles se mettent en place postérieurement aux minéralisations précédentes qu'elles recoupent.

Ces minéralisations appartiennent à un vaste ensemble qui est le Maroc Central. Celui-ci est connu pour ses nombreuses intrusions granitiques responsables de la mise en place de minéralisations variées, c'est une province métallogénique à plusieurs districts miniers (El Hammam, Jbel Aouam, Moulay Bou Azza, Kef N'sour, Zaer, Oulmès, etc...).

III : ORGANISME DE LA SAMINE ET METHODE D'EXPLOITATION (d'après des rapports inédits de la mine)

1. MANAGEM

MANAGEM est la filiale du groupe ONA devenu SNI (Société Nationale d'Investissement) chargée de l'industrie minière, elle détient cinq sociétés d'exploitation, une de valorisation et deux sociétés services. Et grâce à ces filiales, elle a pu réaliser une forte progression du résultat exploitation.

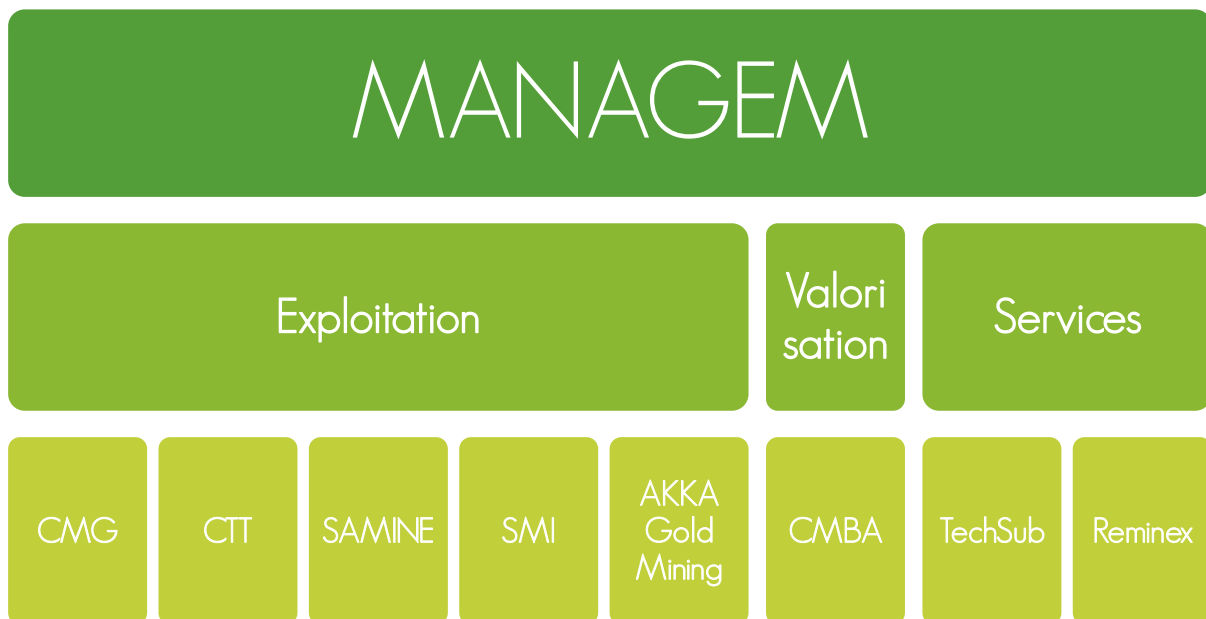


Figure 9. organisme du groupe MANAGEM

2. PRESENTATION DE LA SAMINE

Le district d'El Hammam, plus connu dans la littérature sous le nom de l'Achemmeche, avait attiré l'attention des géologues et prospecteurs, par la présence de plusieurs roches magmatiques (micro granites, dolérites, rhyolites) et par l'existence d'un granite enfoui peu profond signalé par des apophyses affleurantes dans le lit de l'oued Beht.

L'existence de la fluorine dans le secteur est signalée par J.Barthoux dès 1923. Toutefois, les premiers travaux de recherche connus dans la région visaient le plomb et révélaient un possible intérêt économique des minéralisations fluorifères.

En 1941 des travaux d'exploitation furent entrepris par les frères DUBOIS dans le secteur de Bergamou, et ont permis l'extraction de 750 tonnes de fluorine. L'extension de ces travaux ont permis alors la découverte du champ fluorifère important du secteur d'El Hammam et Gouida. En 1951 à 1954, les travaux effectués par la société Ugine ont permis la production de 3500 tonnes

de concentré de fluorine métallurgique destinée exclusivement à des clients allemands. Ces travaux furent arrêtés en 1955, devant l'incapacité d'améliorer la qualité du concentré qui restait relativement pauvre.

Ensuite, plusieurs partenaires se sont succédé pour valoriser et exploiter le gisement fluorifère d'El Hammam :

- 1962 - 1964: BRPM - Continental Ore Corporation - SAMINE;
- 1964 - 1969 : BRPM - SAMINE ;
- 1969 : BRPM - ONA ;
- 1971 : BRPM - ONA - Ugine Kulman - Persussag ;
- 1972 : BRPM - ONA ;
- 1997 : ONA - Holding Management ;
- 1997 : Certification ISO 9002 ;
- 1998 : Certification ISO 9001 VERSION 1994 ;
- 2001 : Certification ISO 9001 VERSION 2000 ;
- 2005 : Certification ISO 9001 VERSION 2000.
- 2007 : Démarrage du projet Bergamou
- 2008 : Démarrage du projet Achemache
- 2009 : Démarrage du projet Tlatezma
- 2011 : Démarrage du projet d'exploration Mizourza
- 2012 : Démarrage des projets d'exploration SW Moufrés et SW Tlatezma
- 2013 : Démarrage de développement du gisement du Moufres, Le label RSE

SAMINE a pour vocation la valorisation du gisement de la fluorine de la région d'El Hammam. Ainsi, elle s'est fixé comme objectif de répondre aux besoins de ses clients en leur fournissant un produit conforme à leurs spécifications et dans les délais convenus.

3. METHODE D'EXPLOITATION (TMR)

La méthode utilisée est celle de tranche montante remblayée avec filon rompe. Cette méthode a été imaginée et mise au point par l'exploitation de SAMINE en 2003. Elle consiste à réaliser un plan incliné de 15% dans le filon, sur le remblai au fur et à mesure de l'exploitation.

La mise en œuvre de la méthode sur le gisement passe par trois étapes principales :

A. ETAPE PREPARATOIRE :

Les travaux préparatoires dans le chantier consistent en :

Une descenderie de 15% de pente depuis le jour jusqu'au niveau le plus bas de la minéralisation, elle est creusée au fur et à mesure de l'évolution des travaux d'exploitation.

Des travers-bancs horizontaux issues de la descenderie et permettant l'accès aux panneaux d'exploitation, ils sont creusés dans le mur de la minéralisation. Des cheminées de jet pour l'évacuation du minerai et Des cheminées d'aérages.

B. TRAÇAGE OU LA PREPARATION DES PANNEAUX D'EXPLOITATION :

La préparation d'un panneau pour l'exploitation consiste à la réalisation d'un traçage dans la minéralisation appelé traçage de base, on creuse à ses deux extrémités deux cheminées ; la première pour dégager l'air vicié de la taille vers les niveaux amont et la deuxième pour acheminer le stérile servant au remblayage de la taille.

C. PRODUCTION :

Une fois le traçage de base est réalisé, on commence l'exploitation de l'ensemble des panneaux. L'exploitation se déroule de la manière suivante :

A partir de l'accès 1, on exploite le 1er triangle (tranche), puis on exploite le 2ème triangle à partir de l'accès 2.

Finalement, la 3ème tranche est exploitée à partir de l'accès 3.

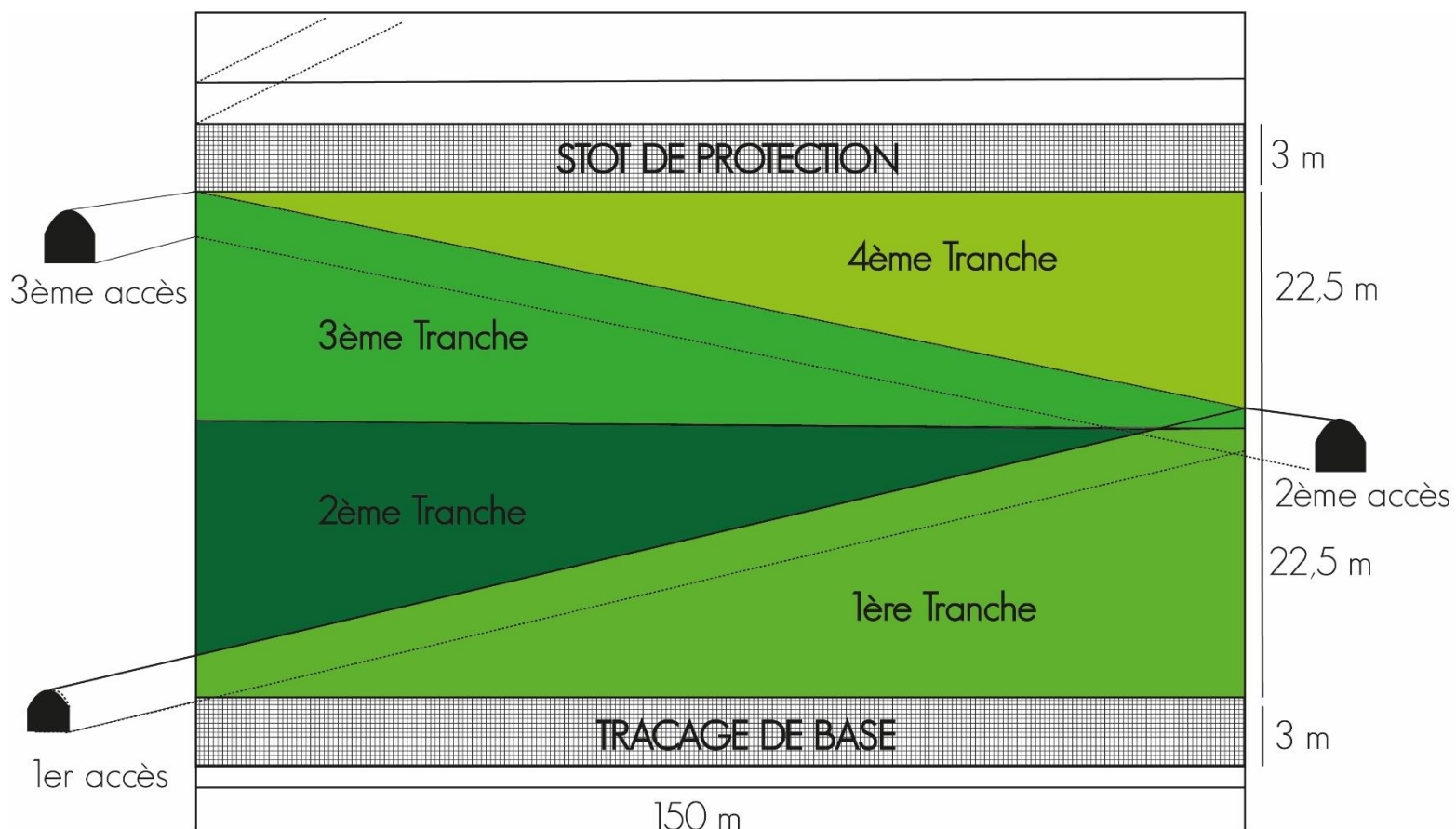


Figure 10 : Exploitation du panneau minéralisé par la méthode TMR

D . AVANTAGES DE LA TMR :

- La stabilité des terrains est maintenue par le remblai.
- Récupération totale du gisement.
- Faible dilution.
- Grande productivité liée au degré de mécanisation de la mine.
- Bonne sécurité.

*Deuxième partie: Etudes
structurale , lithologique
& géochimique du
secteur entre Sidi El
Hammam et Moufrès*

I . SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE :

La zone d'étude se situe dans la partie SW du centre minier d'El Hammam entre les sites miniers du gisement centre et Moufrès. Plus précisément aux alentours des anciens travaux miniers de l'époque française. Elle se localise dans les permis miniers PE2695, PE2694, PE1690 et PE1687 de la SAMINE (Fig. 11).

Cette zone est limitée au Nord par des barres calcaires du Dévonien qui forment l'ossature du relief, à l'Ouest par l'oued Beht et son apophyse granitique , au sud par la colline J et à l'Est par le centre minier actuel. La quasi-totalité de la zone d'étude est représenté par des grés-pélites et des calco-schistes du Viséen moyen à supérieur

Le relief topographique est très accidenté à cette dernière, surplombé par plusieurs Oueds et thalwegs de dénivelés très importants ce qui a rendu le déplacement et l'accès aux affleurements très pénible.

Les altitudes varient entre 1000 m à la colline J et 550 au niveau du Oued Beht. Avec une couverture végétale peu abondante en arbustes .



Figure 11 : image satellitaire (Google Earth) montrant la zone d'étude par rapport au centre minier

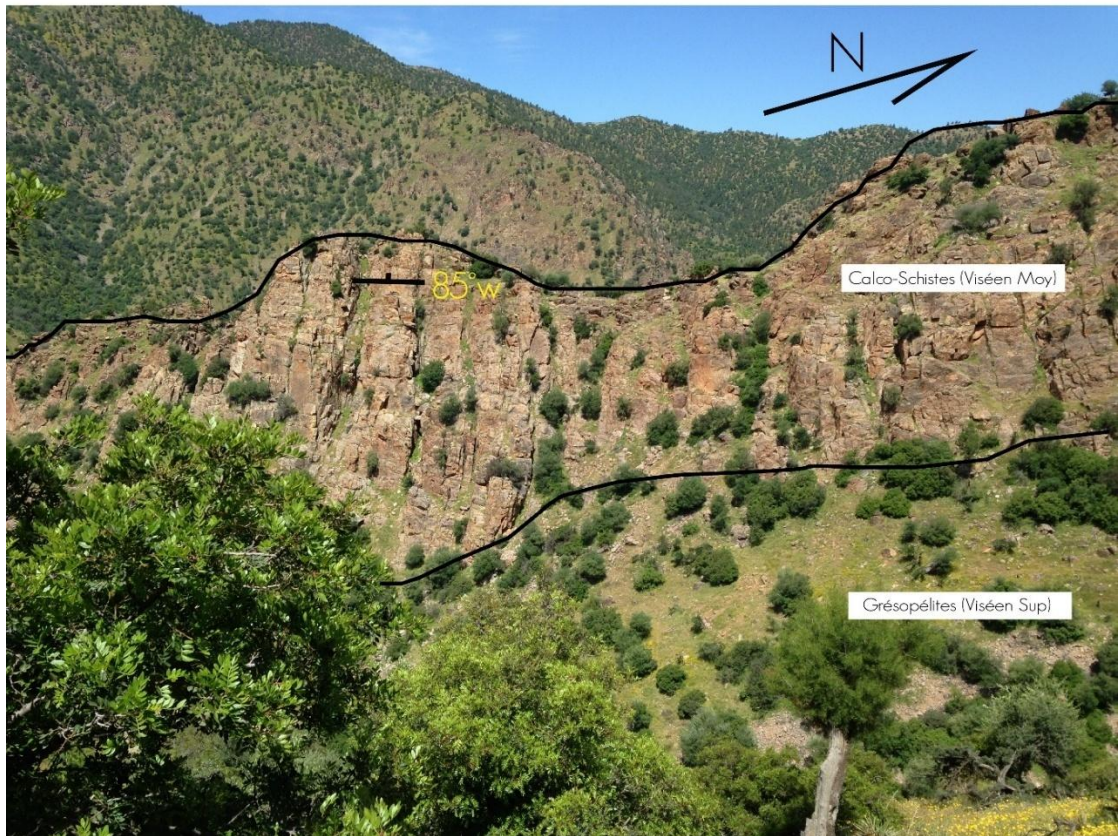


Figure 12 : barre de calco-schistes du Viséen moyen formant l'ossatures du relief



Figure 13 : Pélites géseuses du Viséen supérieur

II. TRAVAUX EFFECTUES

I .ESQUISSE CARTOGRAPHIQUE :

La carte ci-dessous représente la carte géologique réalisée à une échelle de 1/500 dans ladite zone.

A . DEMARCHE DE TERRAIN :

Puisque les structures de la zone ont une direction moyenne de N45 j'avais planifié un plan de marche perpendiculaire à ces dernières afin de les recouper tous. Toutefois, il arrive que cette direction de coupe soit légèrement modifiée par endroit à cause de l'inaccessibilité de la zone ou grâce aux recouvrements quaternaires.

A la fin du travail de terrain, nous avons eu des zones vides qui n'ont pas été levés. Mais en appliquant les principes stratigraphiques et structurales, nous avons pu réaliser des corrélations logiques pour compléter ces zones-là .

Après le dressage de carte, une seconde corrélation verticale avec des sondages a été réalisée afin de compléter le contour géologique au fond et d'avoir de nouvelles perspectives minières et des horizons d'exploitation.

B . CARTOGRAPHIE NUMERIQUE :

Les données ont été collectées par un GPS (Garmin 72H) puis reportées sur un fond topographique numérique (MNT) à équidistance de 10 mètres sous le logiciel ArcGIS de ESRI.

L'MNT a été créé par digitalisation et interpolation d'une carte topographique détaillée du district par le même logiciel.

Les mesures du terrains ont été classés dans des tables par leur types, (schistosité , fentes , failles) et introduit afin de dresser les symboles des pendages.

Pour le contour des faciès sédimentaires, j'avais utilisé des points puis corrélés entre eux pour dresser les extensions des barres calcaires.

La cartographie numérique permet le positionnement automatique d'une infinité de mesures acquises sur le terrain afin de synthétiser des failles non observées, sachant que les allures de la schistosité dévient au voisinage des couloirs faillés. Ces failles la seront dessiné manuellement sur le logiciel.

On introduit alors toutes les mesures du terrain par leur coordonnées ce qui permet d'obtenir un ensemble de couches séparables dans le logiciel, on peut éliminer ou rajouter tout types de données si désiré.

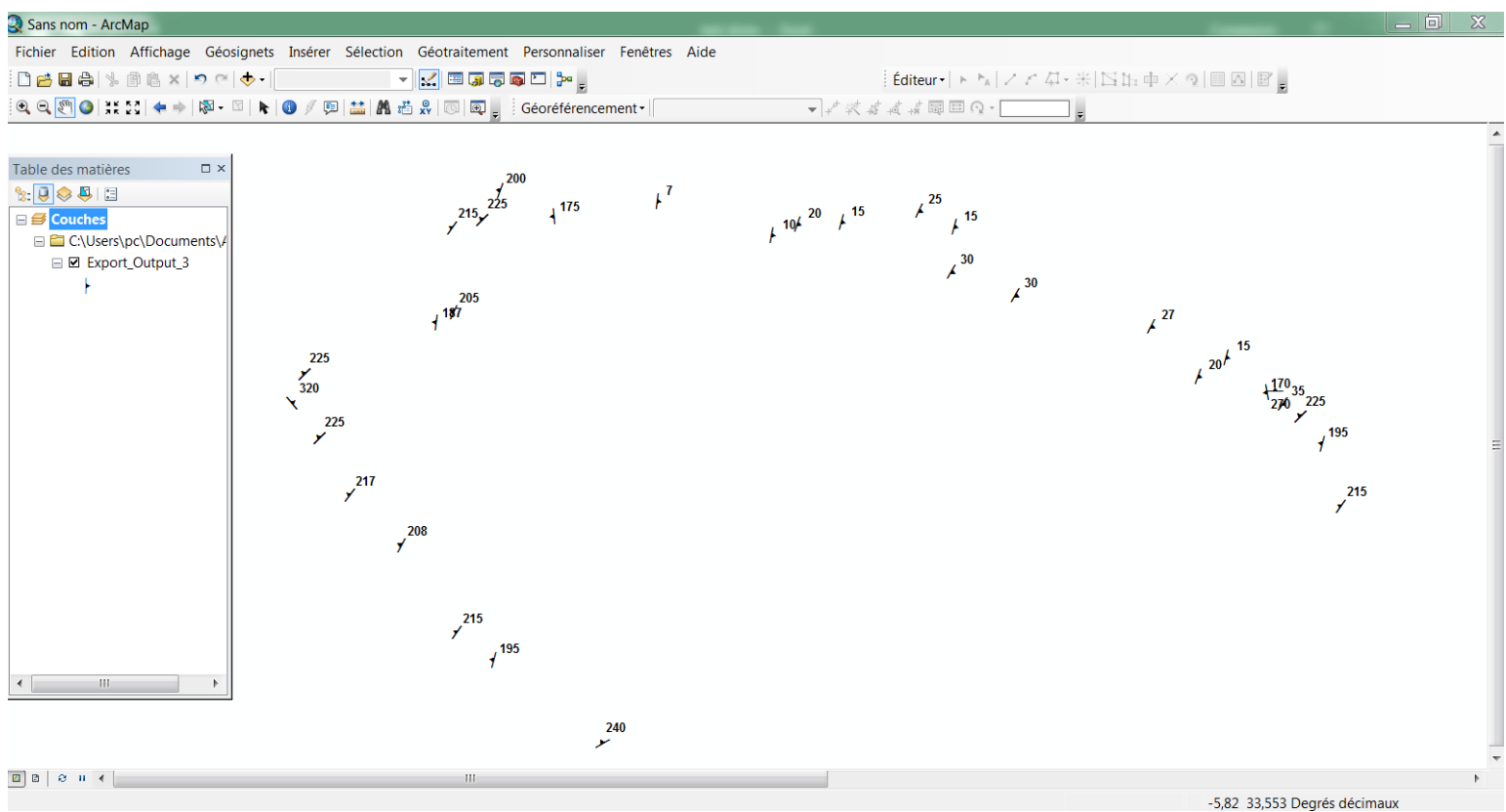


Figure 14: données des pentages acquises sur les traits de coupe sur le terrain

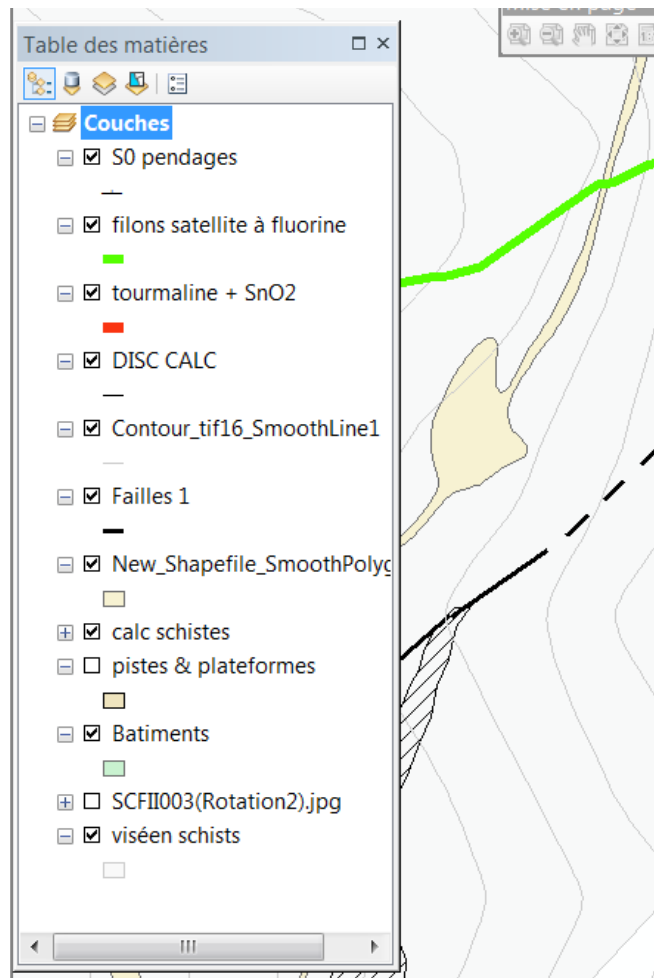
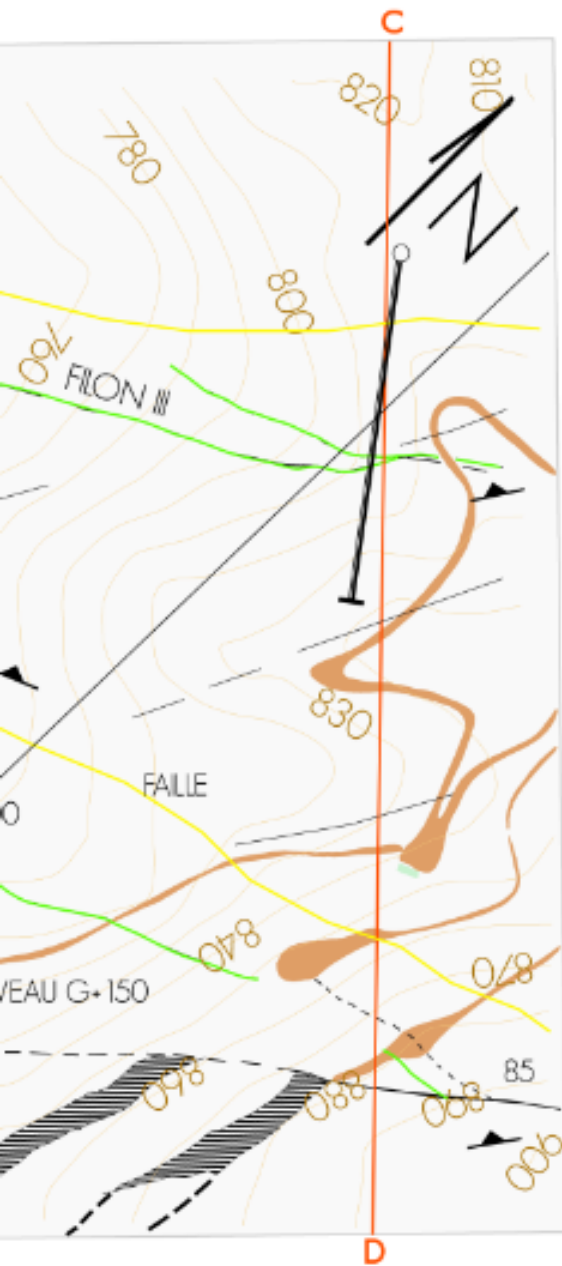


Figure 15: couches de données utilisées dans la carte

Levé géologique de surface du secteur

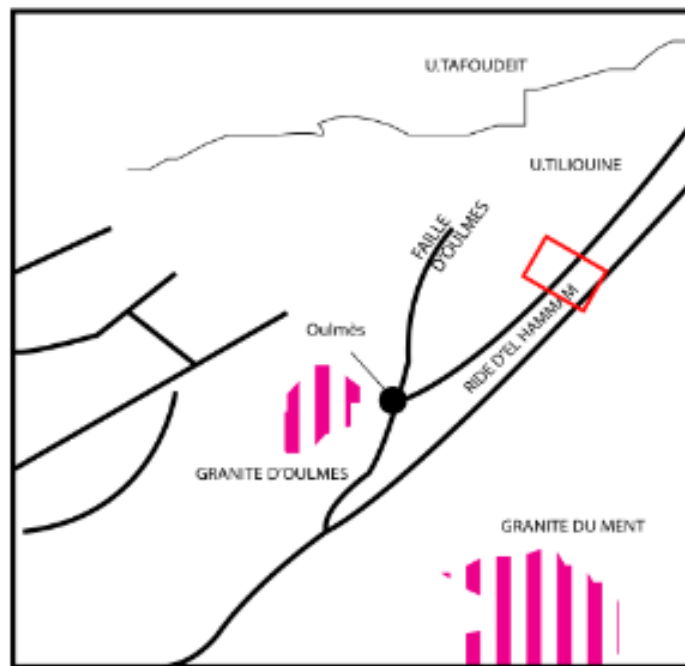


r entre Sidi El Hammam et Moufrès



LEGENDE

- FAILLE
- FAILLE MASQUEE OU INTERPRETEE
- STRUCTURE TOURMAINSEE
- FILON A FLUORINE
- FILON DE QUARTZ
- ALREOLE DE METAMORPHISME
- PISTES ET NIVEAUX MINERS
- CALCO-SCHISTES (VISEEN MOY)
- SCHISTES GRESSEUX (VISEEN MOY)
- DIRECTIONS DE SCHISTOSITE
- DIRECTIONS DES PENDAGES
- TRAITS DE COUPES



SCHEMA STRUCTURAL DE LOCALISATION

par : BENDRIOUA Saad ; Mai 2018

Figure 16 : levé géologique réalisé dans le secteur d'étude

**Pour mieux visualiser la carte , veuillez consulter le document hors texte .

II.SYNTHESE DES LEVES GEOLOGIQUES :

Le levé géologique réalisé relève peu de variation des faciès , la quasi-totalité du terrain est représenté par une épaisse série grésopélitique intercalé par des bancs de calc-schistes .

Du point de vue magmatique aucune intrusion ne recoupe notre zone, mais les effets de l'apophyse granitique du oued beht sont très remarquables, Une auréole de métamorphisme s'inscrit au SW du secteur au voisinage du lit de la rivière.

On distingue plusieurs faciès métamorphiques, par exemple les formation pélitiques deviennent tachetés et une skarnification apparaît au niveau des bancs carbonatés. Plus au SW, dans le secteur de tlatzma, un large réseau de dykes recoupe les terrains, mais dans notre zone ils n'affleurent pas.

La minéralisation affleurante est principalement fluorifère mais toujours accompagnée par des sulfures, oxydes de fer et des carbonates. on note aussi des minéralisations stannifères retrouvés dans les niveaux skarnifiées et tourmalinisés. Bien évidemment, tout cet ensemble est structuré par des failles N?? qui peuvent être de grandes zones de cisaillements (faille El Hammam) ou des failles à plus petite échelle. Les calc-schistes étant compétents, ils constituent l'ossature du relief de la zone d'étude. Lorsqu'on s'intéresse à leurs configurations on voit que ces formations acquièrent des orientations semblables dans certains endroits et différentes dans d'autres. Force est de constater que cet agencement n'est pas anodin. En effet, on remarque presque toujours que les formations ont tendance à être réorientées lorsqu'elles côtoient des failles et les zones de cisaillements dans des directions homologues à ces dernières constituant des crochons prouvant le dernier jeu dextre normal de ces failles . (fig 17).

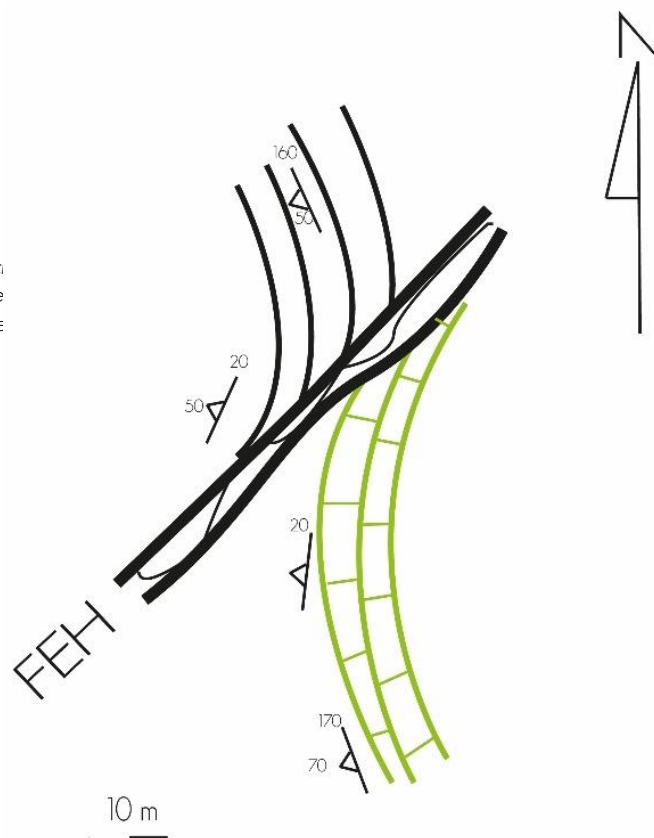


Figure 17 : dessin schématique illustrant les crochons autour de la faille d'El Hammam à jeu apparent décrochant dextre qui précède un décalage senestre

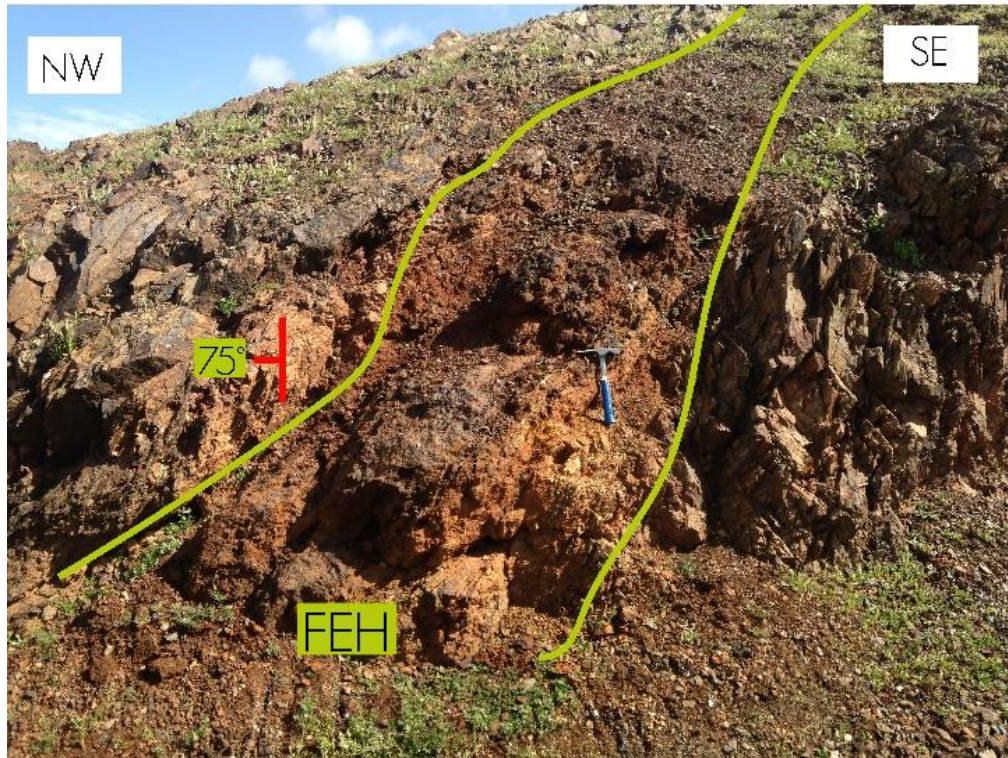


Figure 18 : Couloir de la faille bréchifié d'El Hammam

III.TECTONIQUE :

Cette zone d'étude a subi d'importantes phases de déformation dont la plus importante faisant partie de l'orogénèse hercynienne (Wesphalo-stéphanien) à l'instar des autres zones du district et du Maroc central. La superposition de ces différentes phases de déformation rend ce terrain très complexe structuralement.

Ainsi pendant le levé on a enregistré les empreintes de la déformation ductile et cassante et surtout le polyphasage tectonique qui a affecté cette zone.

A. DEFORMATIONS DUCTILES :

Dans la zone d'étude, la déformation ductile se représente par des plans de schistosité et des plis. Les directions et pendages des plans de schistosité considérés subparallèle à la stratification ont été systématiquement recensés au cours de la cartographie afin de les soumettre à un traitement statistique.

La photo de la figure 12 montre un plan S2 de schistosité recoupant un premier plan S1. Cette S1 est relative à la phase intra-viséenne de direction NE-SW et la S2 a eu naissance grâce au serrage hercynien majeur de direction NW-SE.

La photo de la figure 13 illustre la déformation ductile au voisinage de l'apophyse granitique du Oued Beht , ce sont des microplis en chevrons apparues dans les calco-schistes du viséen moyen .

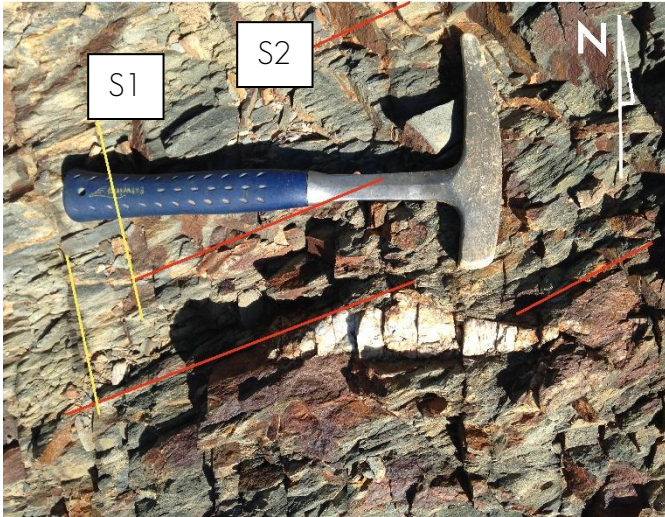


Figure 12 : photo montrant le polyphasage tectonique (S2 NE recoupant la S1 NNE et une fente de tension)



Figure 13 : Micro-plies en chevrons à axes plongeant vers le SE

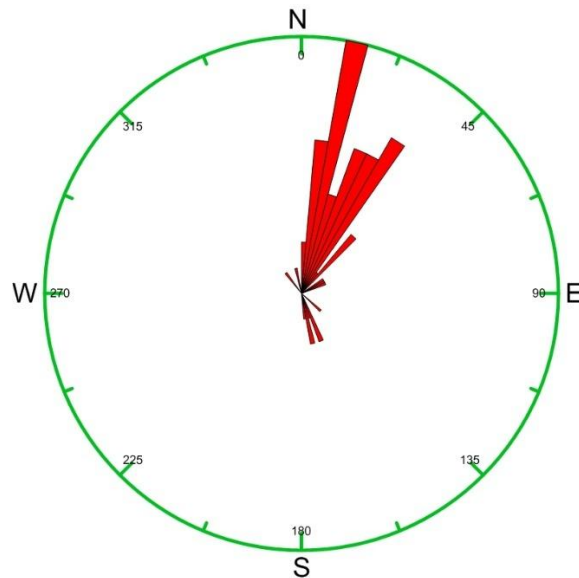


Figure 19: Rosace directionnelle de la schistosité

La rosace directionnelle nous indique des directions préférentielles NNE - SSW à NE-SW de plan de schistosité qui ont un pendage généralement fort (45-80°) vers le NW et quelques fois vers le SE.

Toutefois, signalons qu'il existe d'autres directions d'orientations (direction NNW) même si elles sont peu nombreuses comme nous le montre la rosace.

- ALLURES DE LA SCHISTOSITE

Ces directions correspondent probablement aux mesures de schistosités qui ont été collectés au terrain parfois près des zones de cisaillement.

En effet, la schistosité a tendance à subir des virgations au niveau des ossatures carbonatés et des zones faillées.

L'agencement presque unidirectionnel (NNE et NE) de la schistosité suggère que toute cette déformation est due à la même contrainte tectonique de direction principale NW-SE.

Cette direction correspond à celle de la phase majeure de déformation hercynienne.

B. DÉFORMATIONS CASSANTES

Vu le degré de déformation de la zone d'étude, on rencontre plusieurs types de failles qui se distinguent par leur nature et leurs géométries (direction, pendage, jeu, dimension, remplissage). Lorsque nous soumettons les mesures de ces failles à un traitement statistique, il en ressort le résultat suivant :

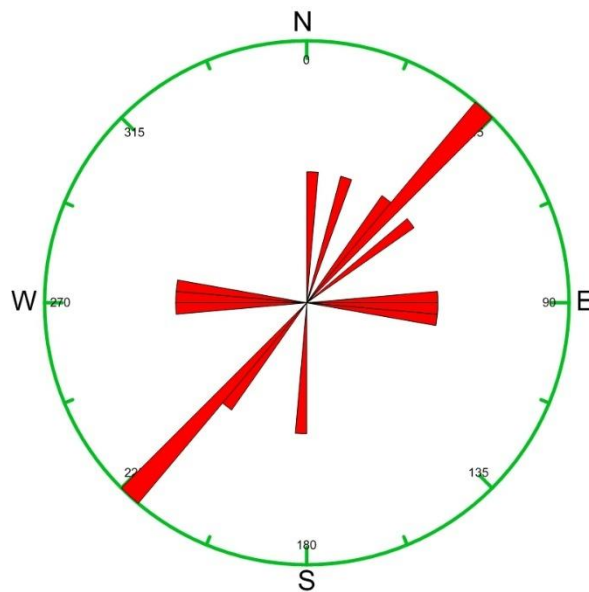


Figure 20: Rosaces directionnelles de la fracturation

On dénombre 3 familles de fractures en fonction de leur direction :

-Les failles NE-SW, NNE-SSW et ENE-WSW qui sont les plus importantes. Ces directions correspondent à la grande zone de cisaillement (Faille El Hammam/Filon3) qui disposent notre zone d'étude (Voir carte) et affectent la plupart des formations existantes .

Comme on peut le voir sur le levé cartographique, la plupart des structures à fluorine et failles majeures) rencontrés dans le secteur se mettent en place respectivement sous forme de filons suivant cette direction.

-Les failles E-W, moins nombreuses mais tout aussi importantes. On les retrouve le plus souvent associé aux structures à tourmaline qui porte la minéralisation stannifère (voir carte) au sud dans la zone d'étude.

-Et enfin les failles N-S qui décalent en jeux senestre pas mal de structures et formations.

-L'ANALYSE STRUCTURALE

La carte géologique et les coupes miniers montrent que les filons minéralisés dessinent un méga-couloir de cisaillement N 45 dont l'ensemble des structures à fluorine correspondant à des lentilles de type pull-appart en rapport avec le jeu transtensif dextre normal à stries 30° NW des failles majeures N 45 .

MECANISMES D'OUVERTURE :

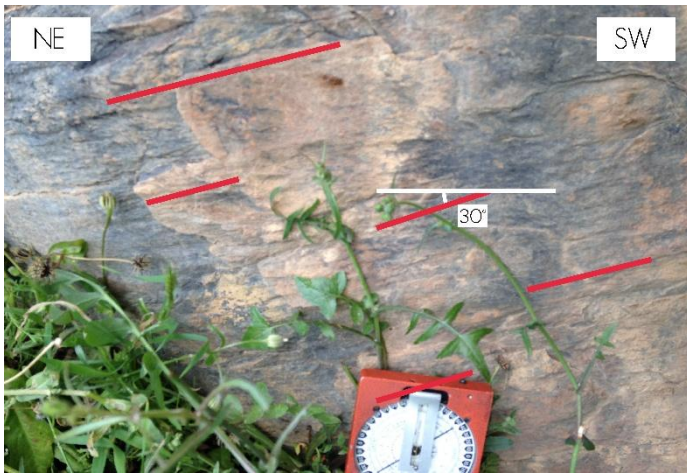


Figure 22 : stries à pitch 30° vers NW montrant le jeu dextre normal de la FEH N45° ,NW

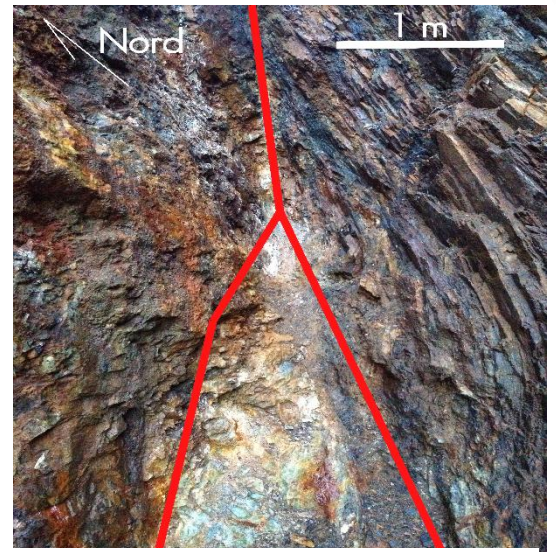


Figure 21 : ouverture en Pull-Appart à remplissage CaF2 + sulfures

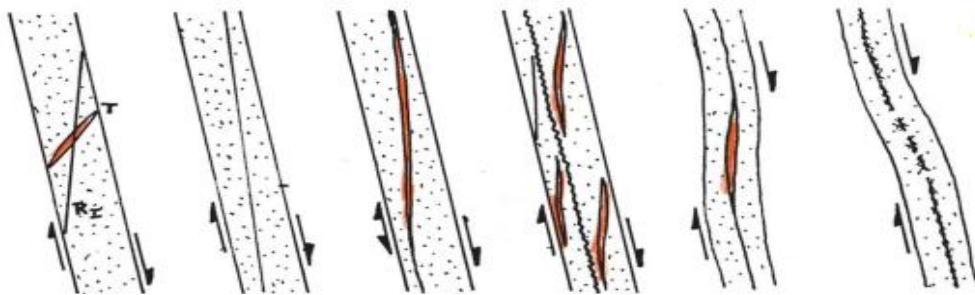


Figure 23 : dispositif des ouvertures formées lors d'un jeu normal en général

-Les filons secondaires (satellites) :

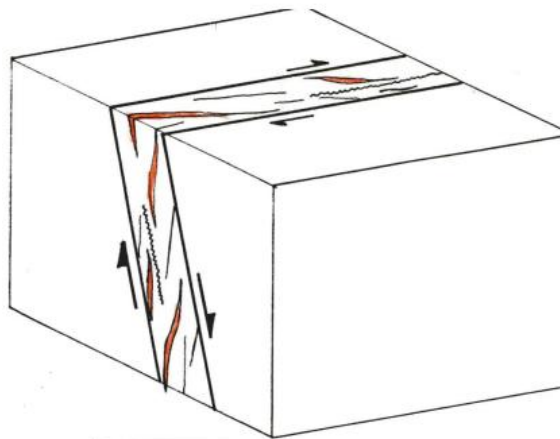


Figure 24 :Schéma du modèle structural d'ouverture des structures étudiées

Au cours du travail de cartographie on a signalé la présence de quelques structures satellites d'importante valeur économique ressortant des filons II et III.

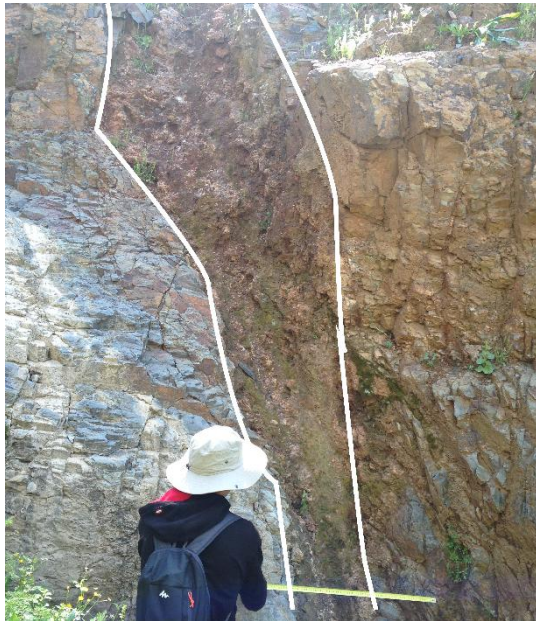


Figure 25 : filon satellite à fluorine violette affleurant sur talweg



Figure 26 : fluorine violette massive à traces de rubanement

On remarque que ces satellites sont des ramifications des structures secondaires mais qui s'agencent sous des directions moyennes N70 à N75 avec un pendage subvertical tout au long du filon.

IV. L'ETUDE PETROGRAPHIQUE :

Le faciès est peu varié dans ce secteur , toutes les formations appartiennent au Viséen Moyen Supérieur , mais une auréole de métamorphisme de contact s'inscrit plus au SW . les formation pélitiques deviennent tachetés et des skarns se développent dans les barres carbonatés .

A. LES SCHISTES TACHETES

Les taches à cordérite ce sont développées dans des formations fines ayant acquis un certain débitage en feuillet sous l'effet de la contrainte.

L'échantillon (fig 27) montre macroscopiquement la présence de petits minéraux noirs circulaires ou allongés. Ceux-ci correspondraient à des minéraux de cordiérite et/ou d'andalousite. Pour les faciès les plus compétents on remarque le développement d'une schistosité de fracture.

Fréquemment, au contact de structures, ces roches sont broyées, altérés et présentent des lits clairs de silice mais aussi d'oxydes et de sulfures.



Figure 27 : schiste massif tacheté

B. LES CALC-SCHISTES

Ce sont des roches qui sont caractérisées par l'alternance de schistes et de barres calcaires d'épaisseur variable (centimétriques à métriques). Elles forment l'ossature des principaux reliefs de la région et sont souvent verticalisées. C'est dans ces barres calcaires que ce sont formées les skarns par métasomatose.

La roche présente une fabrique planaire représentant la schistosité dans le matériel pélitique. Elle est constituée par des poches dans lesquelles on trouve des minéraux automorphes de pyroxènes (diopside) côtoyant la calcite bien cristallisée.



Figure 28 : (A) : calco-schistes à cavité tourmalinisée



(B) : - Formation de calco-schistes à alternances de lits skarnifiés (métasomatiques)



Figure 29 : calco-schistes cornifiés et passage à la déformation ductile au voisinage de l'apophyse granitique du Oued Beht

V. PROSPECTION PAR TRANCHEES

La région connaît de larges recouvrements quaternaires où les filons affleurants disparaissent soudainement, parfois la structure minéralisée se présente sous forme de lentilles dont la structure se rétrécit et s'ouvre à nouveau, donc il est nécessaire de réaliser des tranchés décamétriques afin de dévoiler et vérifier la continuité de ces derniers.



Figure 32 : filon à $(CaCO_3+CaF_2)$ affleurant et sa continuité supposée



Figure 30: tranchet planifié perpendiculaire à une structure fluorifère

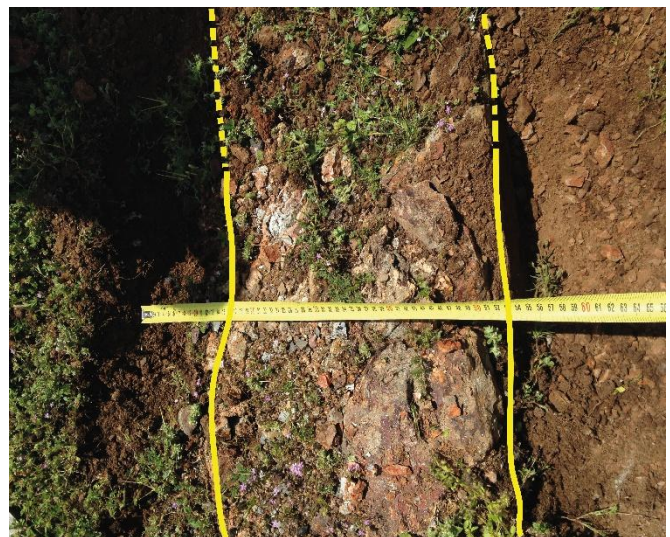


Figure 31 : structure à fluorine violette dévoilée par prospection marteau

VI. COUPES STRUCTURALES ET CORRELATIONS AVEC SONDAGES ET OUVRAGES MINIERS :

Dans le souci de voir ce qui se passe au fond, nous avons réalisé des coupes géologiques perpendiculaires aux structures que nous allons décrire plus bas (voir annexes).

Le dressage de ces coupes a été basé sur les données des sondages carottés réalisés dans ce secteur récemment (voir annexes). Au niveau des coupes réalisées, on recense que la zone d'étude correspond à plusieurs plis N 45 de dimensions métriques à infra métriques qui sont largement déversés vers l'Est. Ces plis sont accompagnés par une schistosité de plan axiale de direction NNE-SSW et ont des dimensions variables .

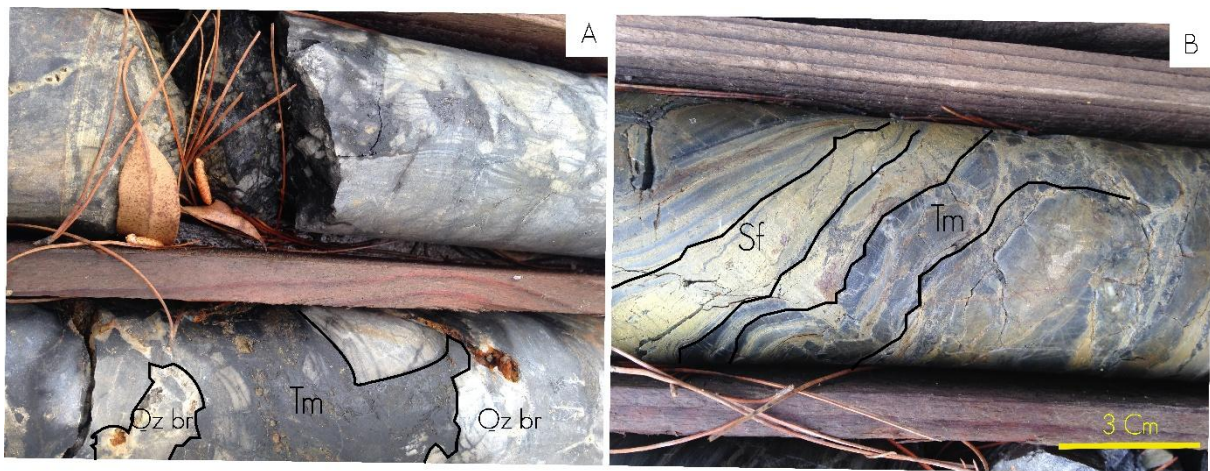


Figure 33 : A: tourmaline encaissée dans une brèche de quartz B: tourmaline interstratifiée dans des sulfures Qz br : quartz bréchifié ; Tm : tourmaline

1. SONDAGES CAROTTES

Principe d'un sondage carotté

En sondage carotté, la roche est extraite sous forme de carottes qui ont la forme d'un cylindre à l'aide d'une couronne qui est fixée au bout d'une tige métallique creuse et qui est animée d'un mouvement de rotation par un ensemble de moteur. Pour cela on fait appeler au maitre-sondeur spécialiste de cette opération. Celle-ci consiste au suivi du sondage, la classification des carottes et la reconstitution des niveaux traversés (marquage des cotes sur les caisses en bois), au fur et à mesure de l'avancement de carottier sur le terrain choisi pour sondage. Ainsi les sondages carottés sont caractérisés par des informations plus précises (log stratigraphiques, minéralisation, les types de faciès..) et sont très chers par rapport aux sondages percutant (moins chers).



Figure 34 : sondeuse LY 38 au cours du sondage réalisé

Sondage réalisé

Un sondage carotté de 230 mètres a été réalisé récemment dans ce secteur la ,afin de vérifier le continuum des satellites ressortant au SE du filon III.

Au niveau des bancs carbonatés skarnifiés , le sondage traverse la tourmaline encaissée dans des brèches de quartz ou parfois interstratifiée dans des sulfures, dont elle forme le ciment et imprègne latéralement la roche encaissante.

A Achemach, la minéralisation stannifère est associée toujours à une gangue de tourmaline.

A El Hammam on trouve souvent de la tourmaline sous plusieurs formes qui met en évidence que cette dernière a été mise par une succession de phase minéralisatrices, c'est un sujet qui mérite plus d'études, du point de vue l'appartenance à la même province minière.

2. LES LEVES MINIERES.

Afin de compléter la corrélation des principaux filons, il est nécessaire de les relier avec les anciens travaux miniers. Seuls les ouvrages des niveaux (-200 , +200 , +150) sont reconnus dans les traits de coupes , j'avais réalisé des coupes en surfaces comme à ces niveaux là , afin de les superposer et corrélés entre ces structures.

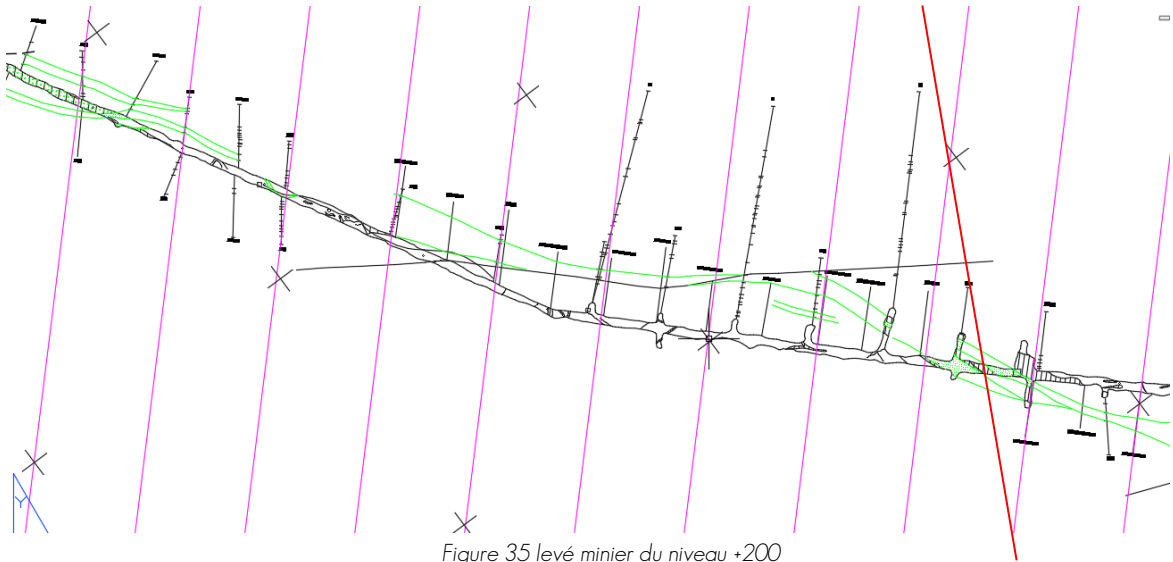


Figure 35 levé minier du niveau +200

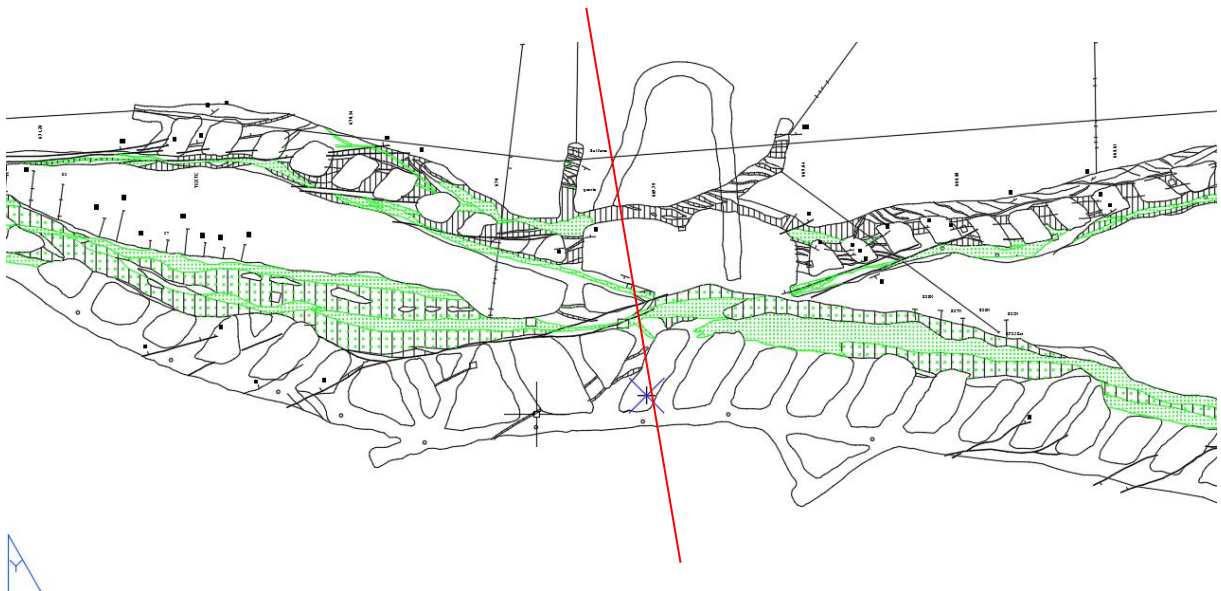


Figure 36 : levé minier du niveau +150

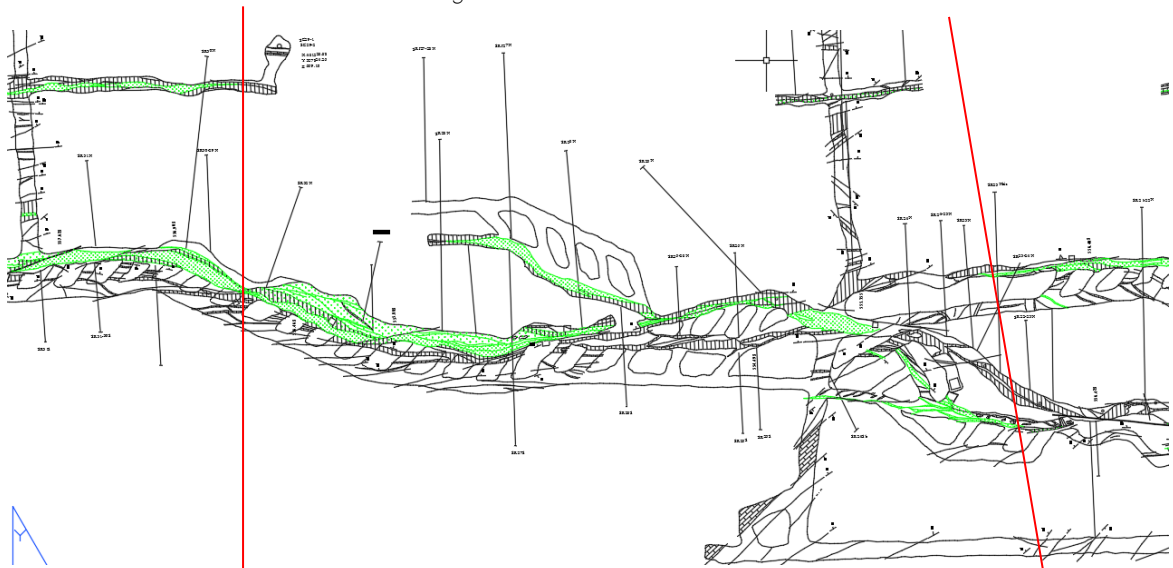
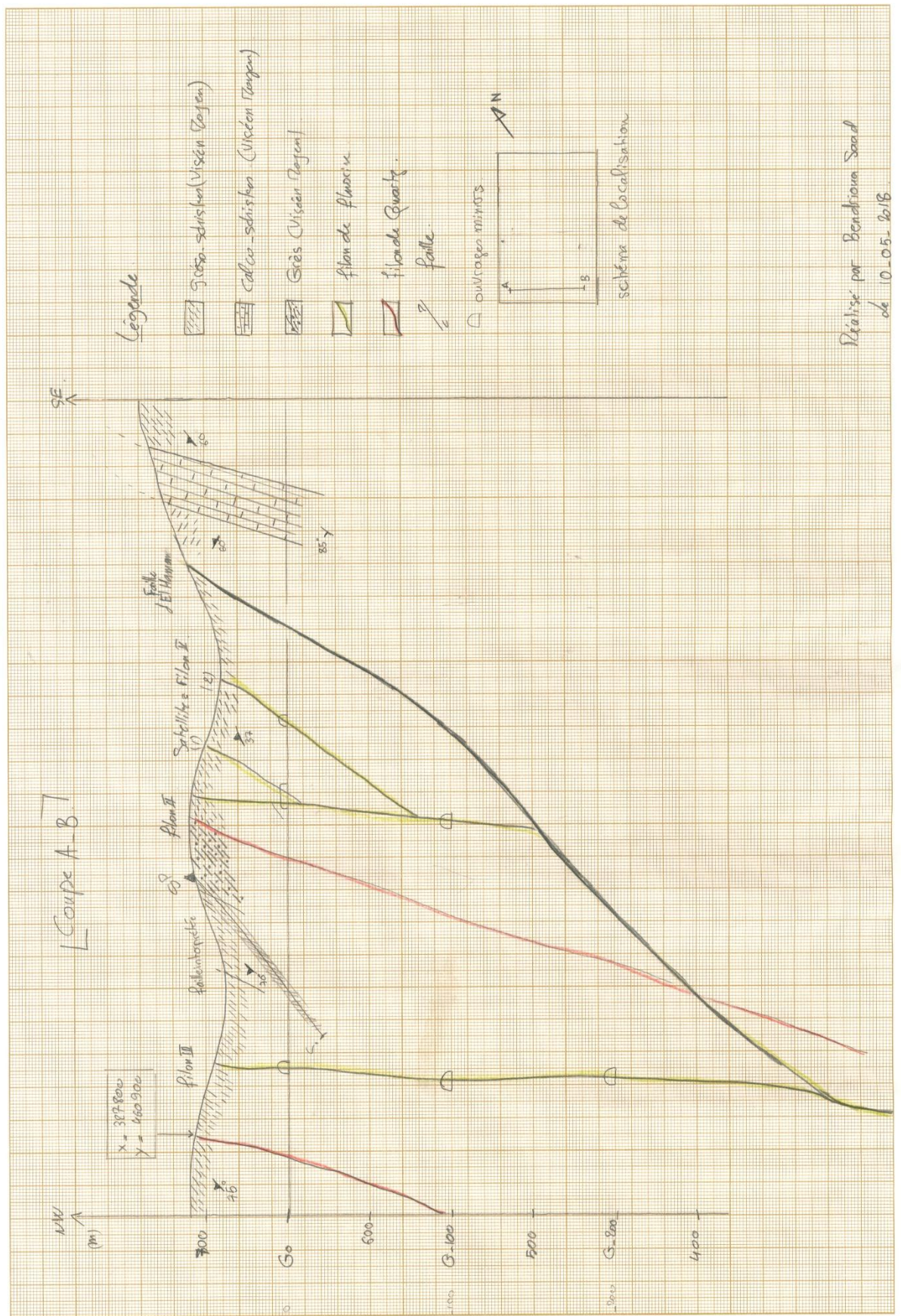


Figure 37 : levé minier du niveau -200



Réalisé par Brandonna Soud
le 10.05.2018

Figure 38 : coupe A-B

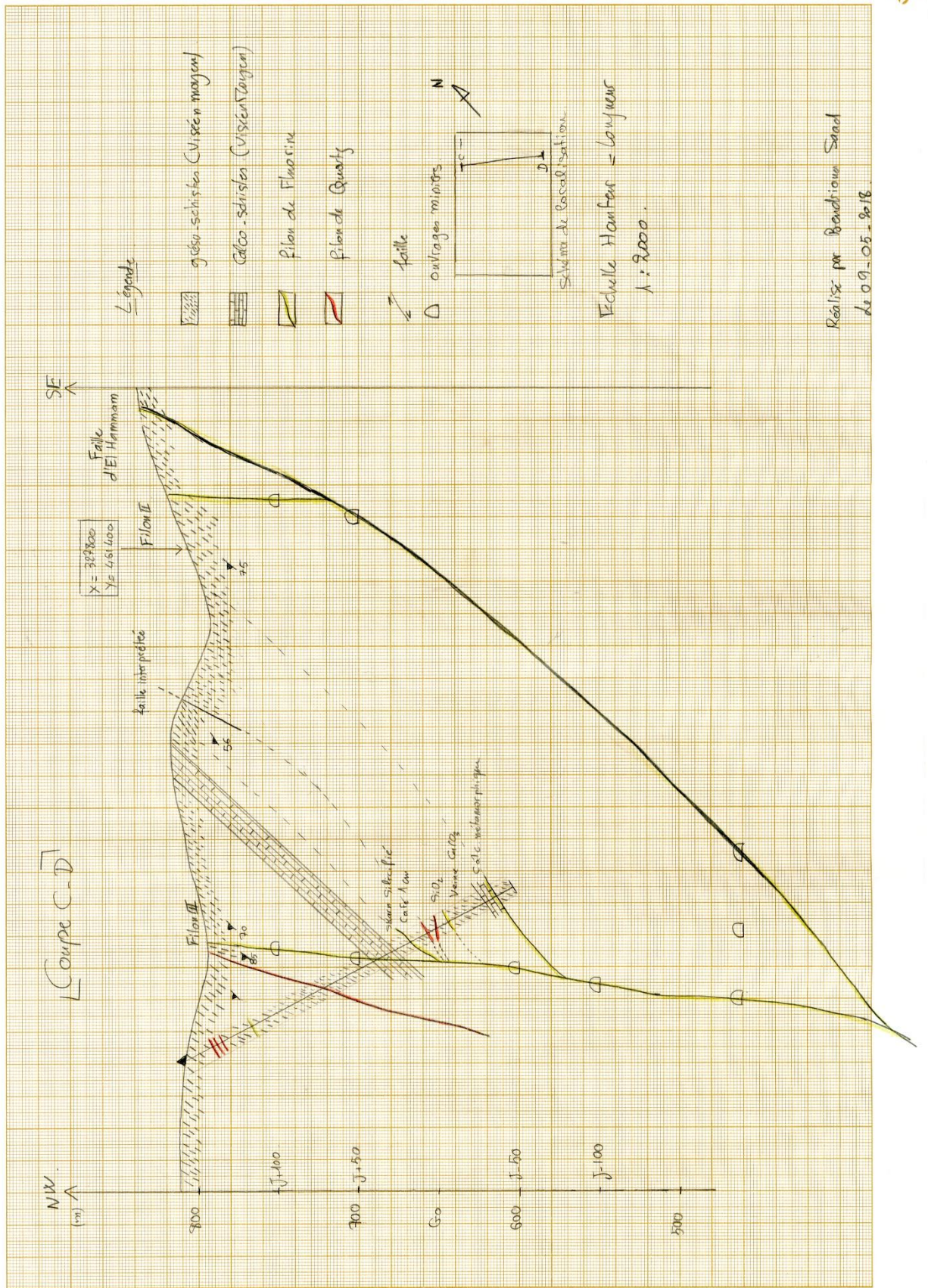


Figure 39 : coupe C-D

VI. CARTE D'ISOTENEURS DE LA MINERALISATION FLUORIFERE.

Afin de représenter les zones anormales, il est nécessaire de dresser une carte d'anomalies géochimiques des filons minéralisés. Les échantillons ont été récoltés sur filons affleurants, j'ai évité l'échantillonnage sur tranchets afin d'avoir des valeurs moyennes des teneurs a un même niveau . La carte ci-dessous représente les teneurs moyennes des filons affleurants, on observe la concentration des anomalies sur les zones de failles qui ont été cause pour ces valeurs.

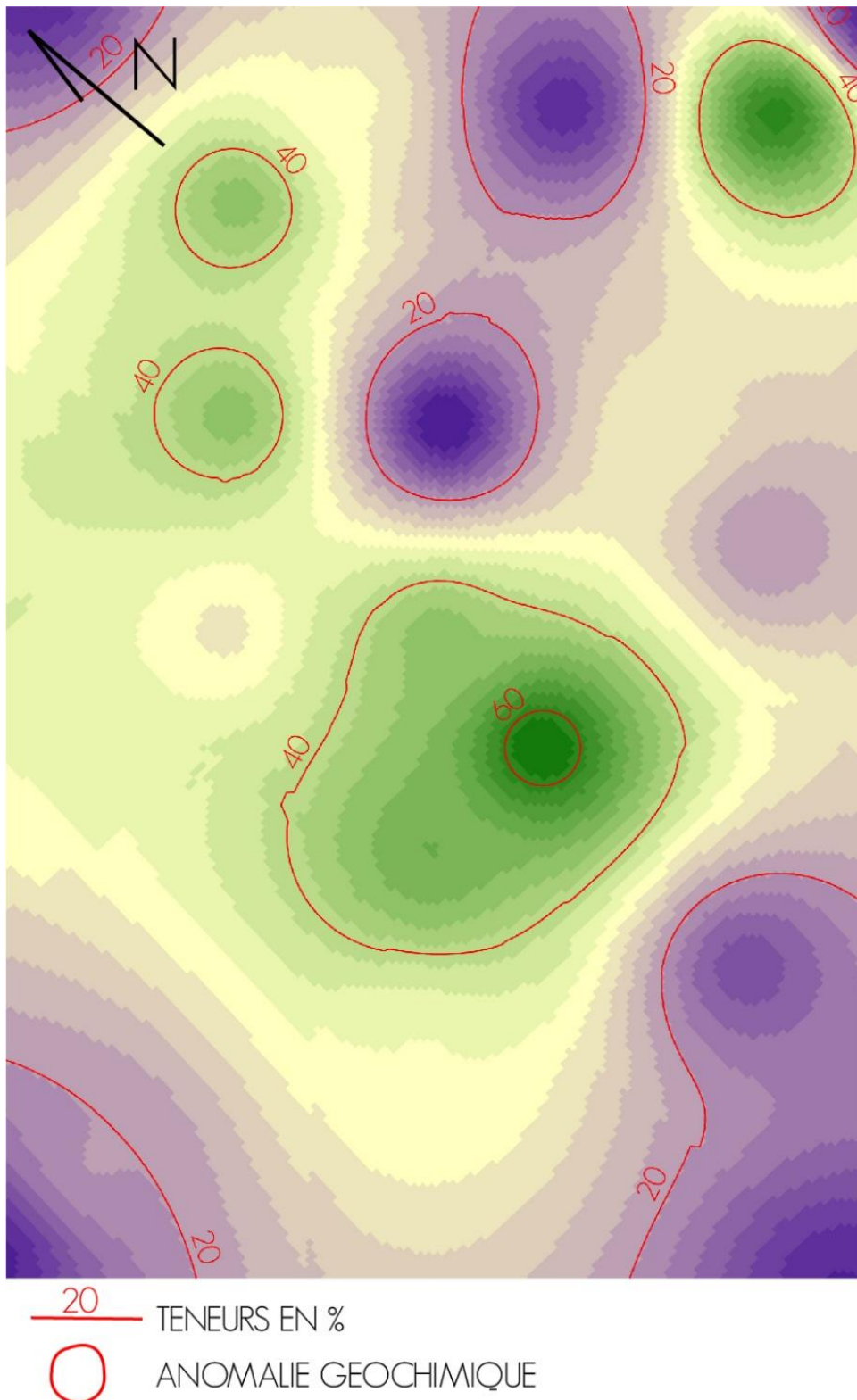


Figure 40 : carte d'isoteneurs de la zone d'étude

VII. CONCLUSION

Au cours de cette étude nous avons non seulement pu vérifier certaines informations préexistantes mais aussi permettre de découvrir de nouvelles structures fluorifères ressortant des structures majeurs.

Ainsi :

- les accidents NE-SW constituent une grande zone de cisaillement de jeu apparent dextre (Faille d'El Hammam, Filon III) et divisent notre zone en compartiments. Ces compartiments sont occupés par des séries de schistes et calco-schistes d'âge Viséen. Ces accidents structurent la plupart des formations et influencent la mise en place de ces fluides minéralisateurs et des roches effusives dans les secteurs avoisinants ;
- la zone reste assez intéressante à l'image des filons satellites de fluorine qui ont été recensés lors du travail de la cartographie. Certes ces derniers étaient mal connus ce qui encourage la recherche d'autres structures similaires.
- Nous avons aussi mis en évidence la présence de la minéralisation métasomatique au sud de ma zone sous forme de cavités et dont l'observation macroscopique a révélé une quantité de sulfures et d'oxydes méritant des études approfondies.
- Les représentations statistiques des directions de la schistosité ont permis de mettre en évidence la grande contrainte NW-SE qui a induit la structuration à l'échelle du district et du Maroc central.
- Les structures tourmalinisées présentent des affinités avec les accidents E-W d'Achemach. Ces tourmalinites sont structurées sous forme de système de ridel avec une structure principale sur laquelle se branche des structures secondaires avec un angle de 45°.

VIII. RECOMMANDATIONS :

- L'observation macroscopique de ces structures tourmalinisées a montré un certains enrichissement en cassitérite qui méritent plus de recherche surtout aux niveaux carbonatés au voisinage de l'apophyse granitique du Oued Beht.
- Il serait intéressant de vérifier la continuité des filon satellites dans la partie non affleurante par des sondages miniers.
- Comme tenu des résultats favorables par la cartographie de surface, les deux filons satellites présentent une large extension latérale, il est recommandé de ravalier la galerie au niveau G+100 jusqu'à ces structures et par une carrière à la périphérie de ces derniers.

Troisième partie:
Exploration STREAM-
SEDIMENTS dans le
secteur de Bouquachmir
(NE Maroc Central)

I. INTRODUCTION

La méthode Stream-sediments est une prospection géochimique basée sur la distribution des éléments en trace dans les sols. En surface, une concentration anormale en un élément donné, se manifeste par une auréole de dispersion, résultat de l'érosion mécanique et de l'altération qui disséminent cet élément et l'étaient depuis la source (filon).

Les sédiments de ruisseaux (stream-sediments) proviennent de la désagrégation mécanique par les agents atmosphériques des bassins versants. Ils constituent ainsi un concentré représentatif des terrains soumis à l'altération météorique. On utilise généralement la granulométrie inférieure à 200 micromètres, la plus sensible au transport hydromorphique. La taille du bassin versant joue un rôle important, elle doit être déterminée avant la campagne de terrain. Les sédiments de ruisseaux sont fréquemment utilisés à l'échelle régionale car ils permettent aux compagnies d'exploration minière de balayer à peu de frais de vastes territoires. (Jebrak 2008).

II. ZONE D'ETUDE

La zone d'étude nommée Bouquachmir se situe dans la limite Nord orientale de l'anticlinorium Khouribga-Oulmes. Les terrains sont constitués généralement par des séries dévoniennes fortement verticalisées recoupées par des intrusions magmatiques basiques, la zone est tronquée au NE par le district d'El Hammam, et le granite d'Oulmès au SW.

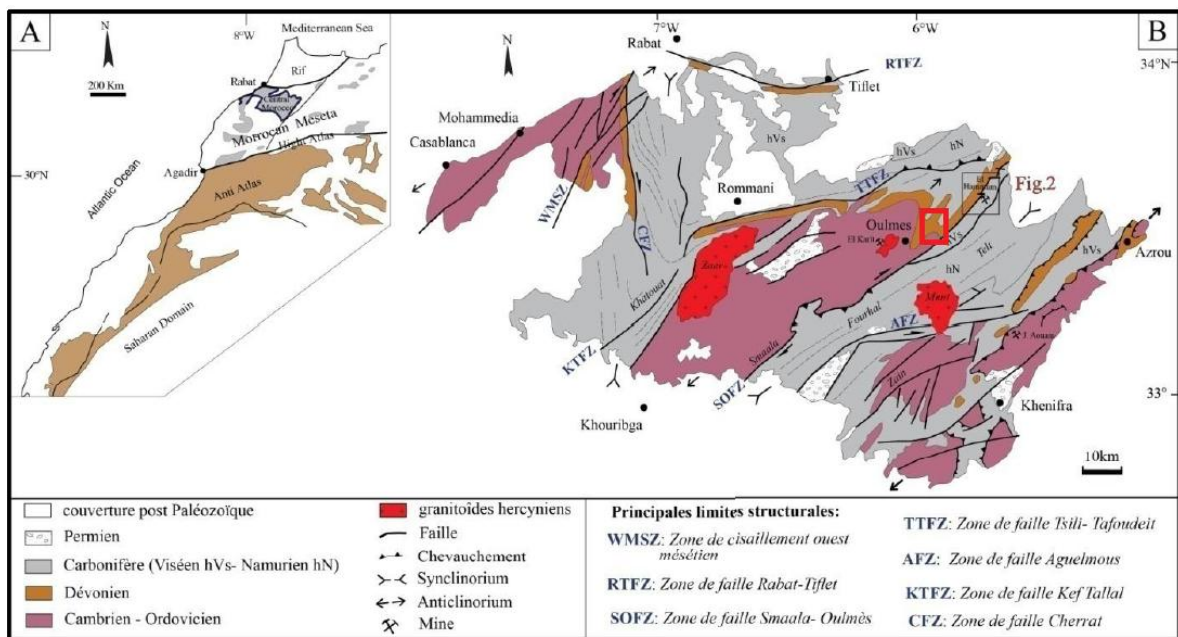


Figure 1 : Figure 1 : A : carte des domaines structuraux du Maroc, avec localisation du Maroc central et la région de bouquachmir . B: principales unités structurales (Michard 1976, Fadli et al. 1991).

III. ETAPES DE LA PROSPECTION

1. DELIMITATION DE LA ZON D'ETUDE :

Chaque zone d'étude est limitée par les bordures administratives du permis de recherche obtenus , une deuxième limitation du bassin versant où se positionne ce dernier est requise , la région correspond à des vastes propriétés de permis achetés aléatoirement par la SAMINE du point de vue la forte probabilité pour que ce terrains renferment des gisements enfouis ,

2. DELIMITATION DE LA ZONE D'ECHANILLONNAGE :

Une deuxième délimitation s'impose en se basant sur les données géophysiques aéroportés fournis par le Ministère d'Energies et des Mines .

Dans ce projet la campagne d'exploration de la SAMINE s'est basé sur des cartes du champ magnétique résiduel qui ont été réalisés dans le cadre du projet de la couverture hélicoptérée du massif central et du Tazekka.

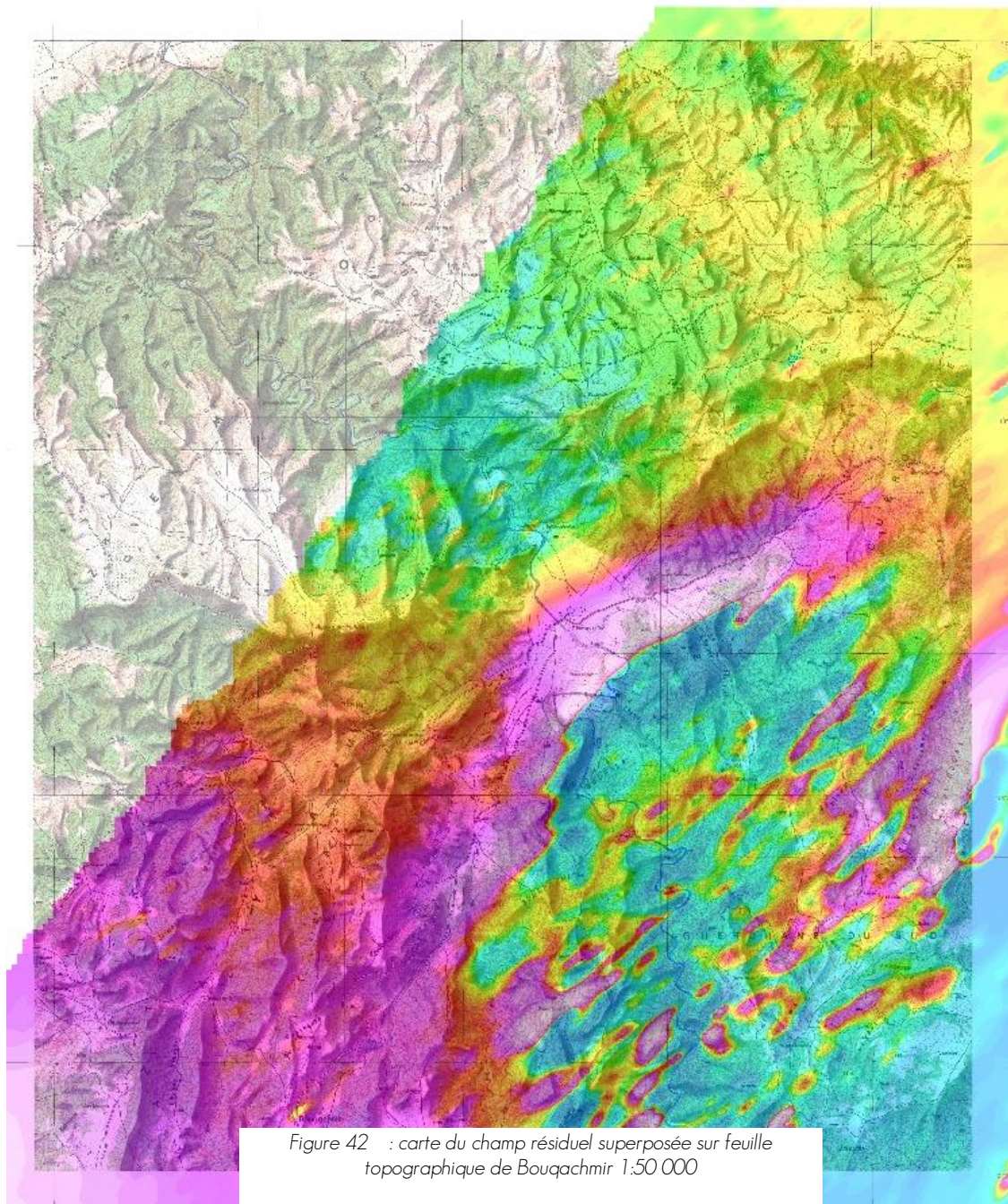


Figure 42 : carte du champ résiduel superposée sur feuille topographique de Bouqachmir 1:50 000

Après une superposition des données géophysiques et cartographiques (feuille topographique + géologique 1/50 000), on a pu positionner les coordonnées des zones anormales sur la carte topo à partir de celle du champ résiduel.

Toute anomalie magnétique est constituée de deux lobes l'un positif et l'autre négatif, dont la source est entre les deux dans la plupart des cas, il est favorable de réaliser une réduction aux pôles pour mieux repositionner les anomalies, malheureusement la contrainte du temps nous aient empêché de faire cela.

3. ECHANTILLONNAGE :

L'étape suivante consiste à pointer sur les zones où l'aimantation atteint des valeurs maximales afin de tracer l'accès pour récolter les échantillons sur les talwegs avoisinants de l'anomalie.

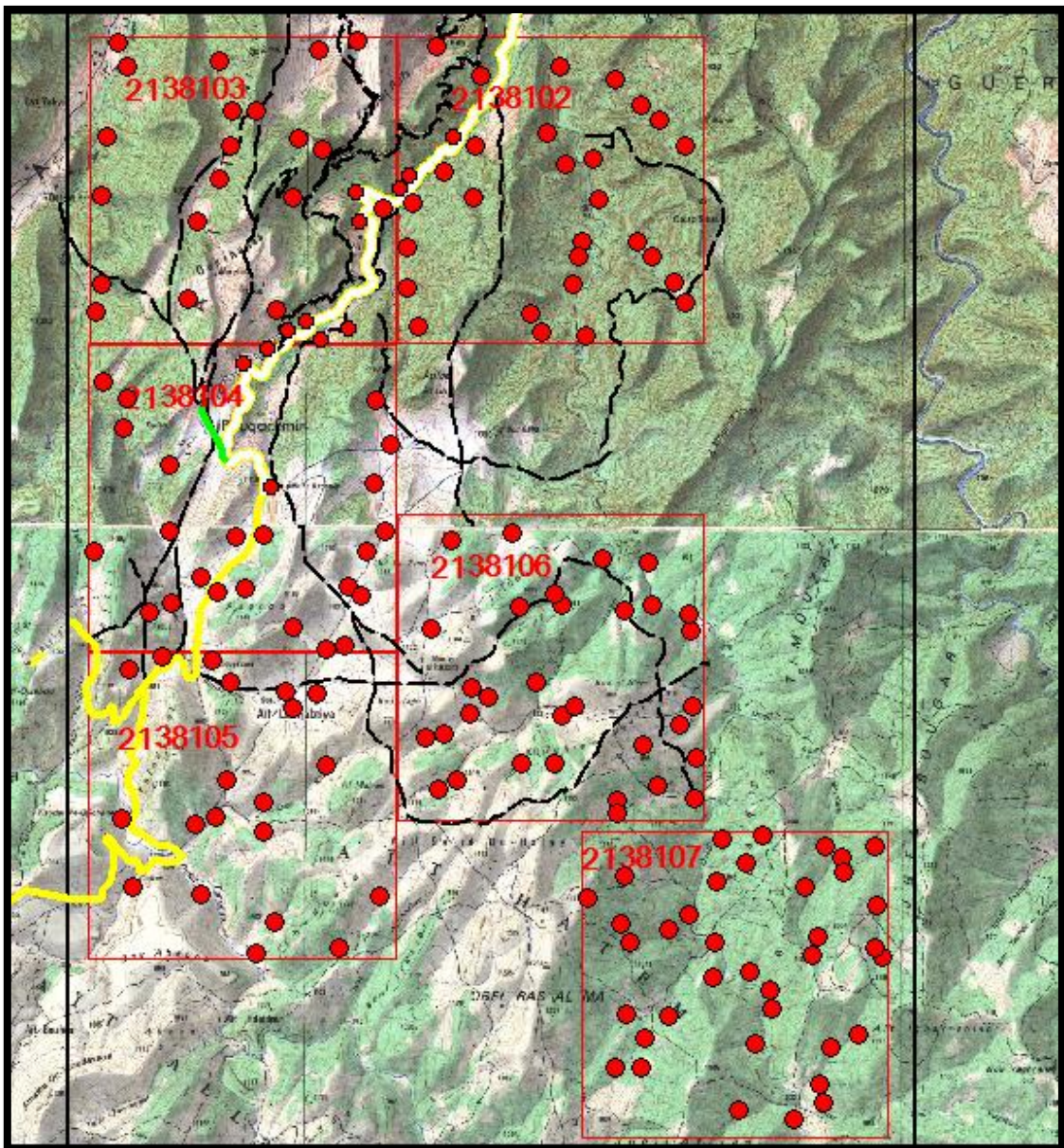


Figure 43 43 : carte de répartition des échantillons planifiés (SAMINE 2018)

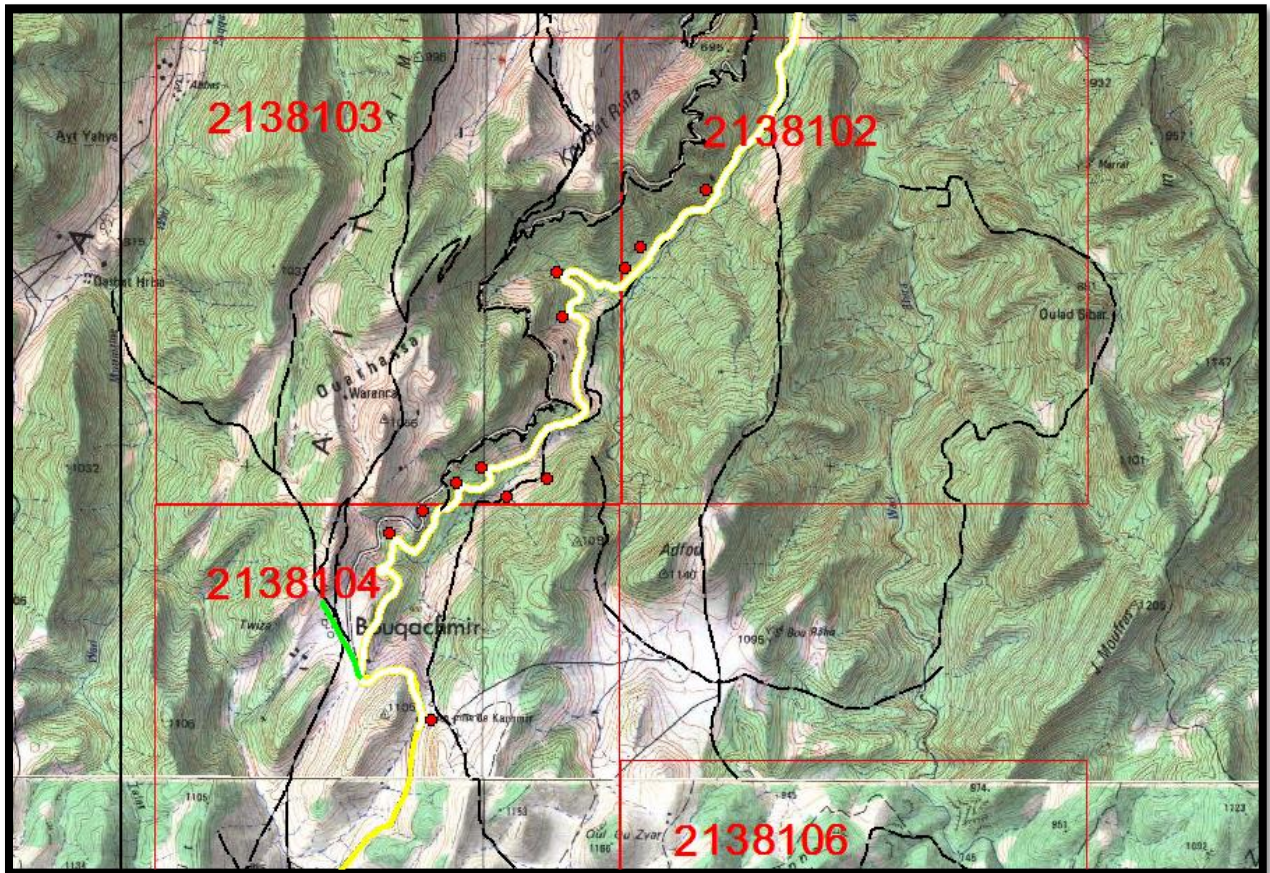


Figure 44 : carte de répartition des échantillons récoltés (SAMINE 2018)

A cause de l'accidentalité du relief dans cette région, seul 30 % des échantillons planifiés ont été réalisés. Mais ces derniers ont permis d'obtenir des résultats très encourageants. Ci-dessous les valeurs en ppm des éléments contenus dans ces échantillons.

4. CARTOGRAPHIE DES ANOMALIES ALLUVIONAIRES :

Chaque travail de terrain doit être représenté par une cartographie convenable qui facilitera les travaux géologiques venants , après chaque campagne de prospection *Stream-sediments* , il est nécessaire de réaliser une carte d'anomalies alluvionnaires pour guider le travail de cartographie et les levés du terrains qui seront réalisés par la suite.

CARTE D'ANOMALIES ALLUVIONNAIRES DE LA REGION DE BOUQACHMIR

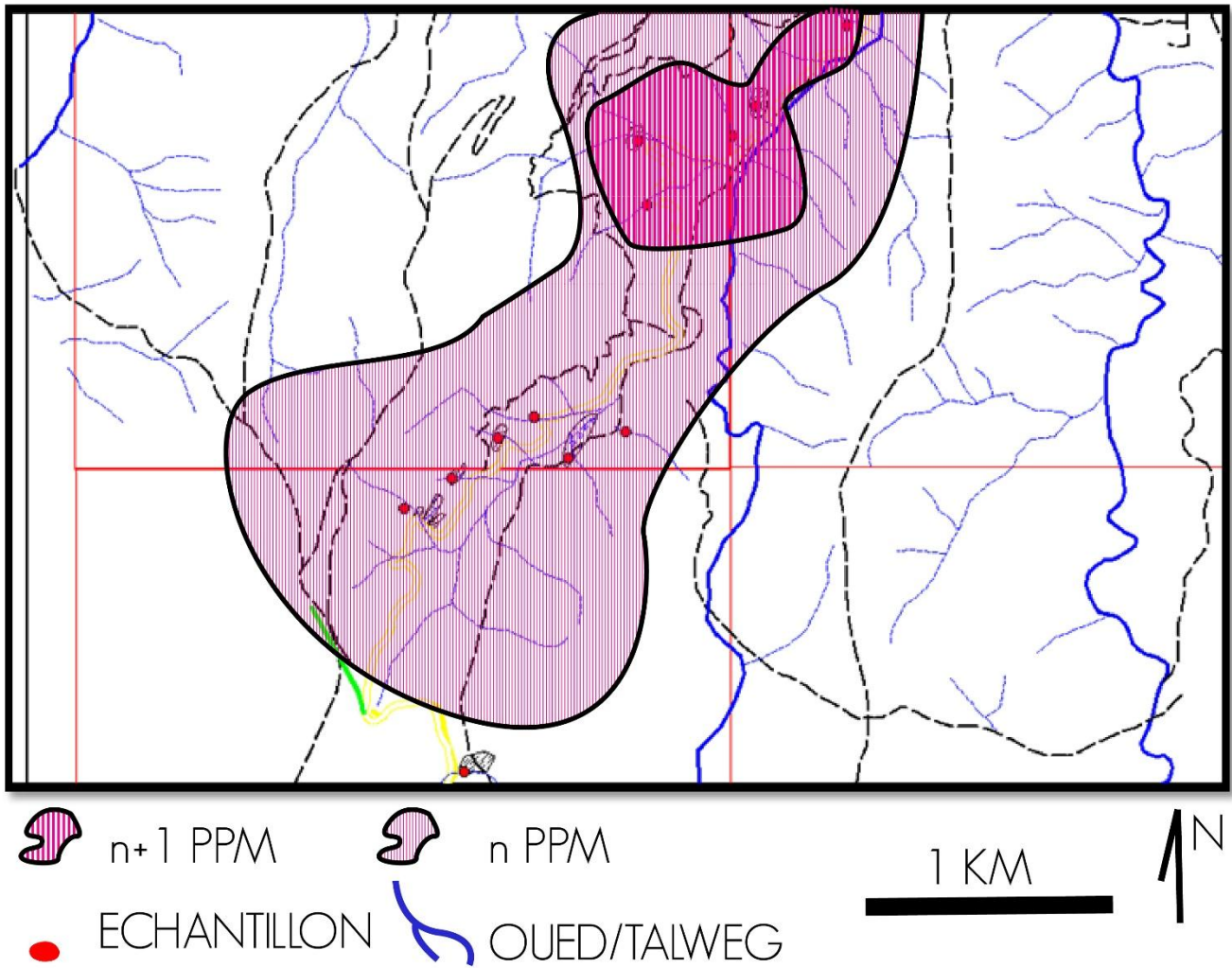


Figure 45 : carte d'anomalies alluvionnaires de la région de bouqachmir(BENDRIOUA .S 2018)

5. CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE

L'étape suivante consiste à détecter les structures minéralisées responsables de ces anomalies. Nous avons réalisé une cartographie très simplifiée où on a carté les structures affleurants aux points les plus culminants de la zone.

Malheureusement la contrainte du temps ne m'a pas permis de suivre la quasi-totalité de ce travail. le levé (fig 46) a été fait en une seule journée mais les structures minéralisées ont été retrouvées sur des points culminants entourant l'anomalie alluvionnaire.

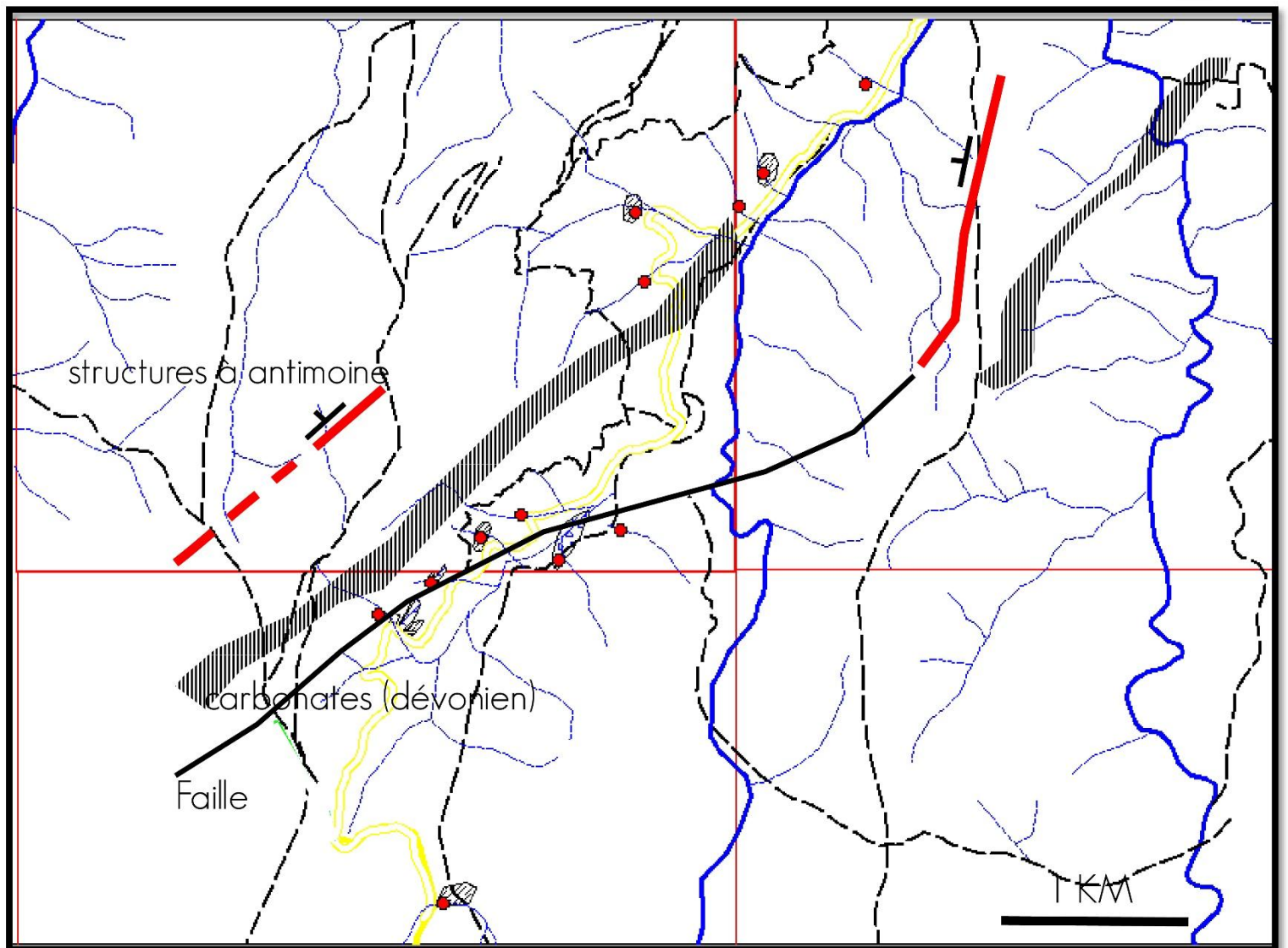


Figure 46 : Esquisse géologiques simplifiée de la zone d'étude

6. CONCLUSION :

Au cours de cette campagne de prospection alluvionnaire, les analyses ont reflétés des moyennes teneurs en sulfures, des antimoniures principalement, les structures qui ont donné naissance à ces anomalies alluvionnaires se situent dans les entourages des cours d'eau qui ont drainé ces éléments à partir des structures sources.

Le travail de cartographie reflète l'existence des structures filoniennes minéralisés qui suivent la direction régionale de structuration, ce qui suggère l'existence des continuités dans les secteurs avoisinants.

CONCLUSION GENERALE

La zone d'étude faisant partie de la colline J , elle est située sur le synclinal de la mine , la quasi-totalité des terrains sont d'âge Viséen moyen à supérieur .

La cartographie détaillée 1/500 a permis de décrire la série de la région en réalisant un levé géologique et es coupes structurales .Une implantation des anciens travaux miniers a permis une corrélation dans le souci de voir ce qui se passe au fond . Un sondage carotté de plus de 200 mètres a été réalisé dans le secteur a fin d'avoir une idée sur les extensions des filons secondaires (satellites) ,

Enfin une carte d'anomies géochimiques a été dressée en se basant sur les données d'analyses géochimique par (XRF).

Du point de vue stratigraphique les formations cartées dans le secteur d'étude du plus ancien au plus récent ,sont :

- Les formations du Viséen moyen_supérieur ,correspondent a des schistes , carbonates,skarns et calco-schistes (rahho 1996) qui indiquent le morcèlement de la plateforme et la formation d'un bassin .
- Les formation di Viséen supérieur: elle commencent après une barre carbonatée , surmontés par des schistes et grès alternés indiquant la continuité des dépôts du Viséen et le comblement du bassin au namurien .

Le travail de cartographie a pu montrer qu'un couloir de cisaillement s'inscrit dans la zone, limité par la faille d'El Hammam au Sud et le filon III au Nord , entre ces deux derniers ce sont développés des fractures secondaires qui sont les plus minéralisés parmi lesquels on a pu découvrir des filons satellites à importante valeur économique .

Les coupes qu'on a réalisées montrent que la zone d'étude s'organise sous forme d'anticlinaux et synclinaux déversés vers l'Est.

Un sondage a été requis pour avoir une idée sur les extensions de ces filons satellites, qui a été implanté par la suite sur les coupes réalisée en compagnie des ouvrages miniers afin de réaliser des corrélations à la verticale .

Un deuxième travail a consisté à la superposition des données géophysiques aéroportés fin de détecter les zones anormales Des compagnes de terrain nous ont permis de récolter des échantillons sur les cours d'eau et talwegs avoisinants de ces anomalies géophysiques.

Après analyses géochimiques, on a pu dresser une carte d'anomalies alluvionnaires afin de réaliser une prospection marteau au voisinage de ces auréoles d'anomalies.

La prospection marteau consiste à décrire et carter les structures, enfin deux structures à antimoinnes ont été signalés par l'équipe SAMINE dans ce secteur la qui feront objet d'études approfondies dans les mois venants.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Agard J. 1966. Données nouvelles sur le district de fluorine d'El Hammam-Berkamène (Maroc Central). Rapport service d'étude des gîtes minéraux, 843, Rabat,

AGARD J. & MORIN P. (1951) : Les gisements de fluorine du Maroc. Notes et Mém. Serv. Géol., Maroc, n° 83.

Amenzou M. 1997. Typologie du zircon des granitoïdes hercyniens de la Meseta marocaine: zonation magmatique et implication géodynamique. Journal of African Earth Sciences, Vol. 24, 1/2, 125-139.

Aissa M. 1997. Etude des interactions fluides-minéraux des skarns à Sn, W, B d'El Hammam (Maroc central) : Facteurs physico-chimiques contrôlant le développement du stade stannifère. Thèse d'Etat, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc. 348p.

Amenzou M. 1997. Typologie du zircon des granitoïdes hercyniens de la Meseta marocaine: zonation magmatique et implication géodynamique. Journal of African Earth Sciences, Vol. 24, 1/2, 125-139.

Baamar et al. (2017)- Contrôle structural des minéralisations à fluorine d'El Hammam (Maroc central) 24p

Fadli D. 1991. Evolution sédimentaire et structurale des massifs des Mdakra et Khatouat : deux segments hercyniens de la Méséta marocaine nord-occidentale. Thèse ès-Sciences, Rabat, 272p.

Hoepffner C. 1987. La tectonique hercynienne dans l'Est du Maroc. Thèse, université Louis-Pasteur, Strasbourg, 280 p.

JÉBRAK M. (1982) : Les districts à fluorine du Maroc Central. Bull. B.R.G.M. (2), sect. II, 2, 211-221.

JÉBRAK M. (1984) : Contribution à l'histoire naturelle des filons (F, Ba) du domaine varisque. Essai de caractérisation structurale et géochimique des filons en extension et en décrochement dans les Massifs Centraux français et marocain. Thèse doct. ès-Sci., Orléans, 467 p.

Kaisin J. (1997) étude minéralogique et pétrographique des minéralisation sulfurés du jbel berkamène .mémoire de maitrise en géologie Univ.Cath.Louvain 195p

Mrini Z., Rafi A., Duthou J-L. et al. 1992. Chronologie RbSr des granitoïdes hercyniens du Maroc: conséquences. Bulletin de la Société Géologique de France, 163, 281- 291.

Michard A. 1976. Elément de géologie Marocaine. Notes et mémoires du service géologique, Rabat., Maroc, n°252,

JÉBRAK M. (1985) : Contribution à l'histoire naturelle des filons F-Ba du domaine varisque français et marocain. Doc. BRGM, Orléans, 99 p.

Rahho H. 1996. Evolution tectono-métamorphique hercynienne du paléozoïque d'El Hammam (Maroc Central Septentrional). Analyse de la fracturation et mécanismes de mise en place des minéralisations. Thèse de 3ème cycle, Université Mohamed V, Rabat, 219p.

Sonnet Ph. 1981. Les skarns à Sn, W, B de la région d'El Hammam (Maroc central). Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Appliquées, Université Catholique de Louvain, Belgium, 512p.

Termier H. 1936. Etude géologique sur le Maroc central et le Moyen Atlas septentrional. Notes et Mémoires du Service de Géologie du Maroc, 33,1566p.

Pique A. 1964. évolution structurale d'un segment de la chaîne hercynienne marocaine Sci.Géol.Mém.Strasbourg n°56, 243p

Yajima J. & Touray J.C. 1970. Analyse thermométrique du gisement de fluorine d'El Hammam (Maroc) (d'après des études d'inclusions fluides). Mineralium Deposita, Berlin, 5, 23-28.

ANNEXES

X	Y	TENEUR EN %
-5,815	33,548	4
-5,816	33,549	31
-5,817	33,549	20
-5,817	33,547	0
-5,819	33,547	30
-5,822	33,545	20
-5,819	33,545	50
-5,818	33,545	65
-5,818	33,546	45
-5,818	33,543	10
-5,816	33,545	20
-5,817	33,551	5
-5,818	33,548	45
-5,817	33,549	70
-5,816	33,546	30
-5,82	33,544	33
-5,823	33,545	2
-5,817	33,551	0
-5,813	33,547	0
-5,819	33,541	3

Figure 47 : tableau : fiche d'analyses (XRF) des filons fluorifères dans la zone d'étude

Y	X	pendage	direction	type de structure
33,55204	-5,81747	90W	50	FILON 3
33,55202	-5,81752	75E	170	S1 PELITES GRESEUSES
33,55197	-5,81743	70E	35	S1 PELITES GRESEUSES
33,55192	-5,81736	85W	45	S1 PELITES GRESEUSES
33,55179	-5,81726	90W	15	S1 PELITES GRESEUSES
33,5515	-5,81717	75W	35	S1 PELITES GRESEUSES
33,5521	-5,81782	70E	20	S1 PELITES GRESEUSES
33,55219	-5,81769	70E	15	S1 PELITES GRESEUSES
33,55233	-5,81804	75E	27	S1 PELITES NOIRES
33,55248	-5,81868	70E	30	S1 PELITES GRESEUSES
33,55252	-5,81088		165	FENTE QZ
33,55259	-5,81898	87E	30	S1 PELITES GRESEUSES

33,5528	-5,81896	80E	15	S1 PELITES GRESEUSES
33,55287	-5,81913	85E	25	S1 PELITES GRESEUSES
33,55282	-5,81949	53E	15	S1 PELITES GRESEUSES
33,55281	-5,81969	60E	20	S1 PELITES GRESEUSES
33,55276	-5,81981	35E	10	S1 PELITES GRESEUSES
33,55292	-5,82035	50E	7	S1 PELITES GRESEUSES
33,55285	-5,82085	80E	175	S1 PELITES GRESEUSES
33,55297	-5,8211	75W	20	S1 PELITES GRESEUSES
33,55284	-5,82118	75W	45	S1 PELITES GRESEUSES
33,5528	-5,82132	73W	35	S1 PELITES GRESEUSES
33,55241	-5,82132	35W	25	S1 PELITES GRESEUSES
33,55235	-5,8214	35W	7	S1 PELITES GRESEUSES
33,55212	-5,82201	82W	25	S1 PELITES GRESEUSES
33,55198	-5,82206	72W	70	S1 PELITES NOIRES
33,55182	-5,82194	65W	5	S1 PELITES NOIRES
33,55155	-5,8218	75W	37	S1 PELITES NOIRES
33,55132	-5,82156	60W	28	SCHISTES TACHETES
33,55091	-5,8213	70W	35	BANC DUR A CAVITES
33,55078	-5,82113	80E	15	PELITES NOIRES
33,55039	-5,82062	20W	60	PELITES GRESEUSES
33,55189	-5,8173	83W	35	GP
33,55172	-5,81718	90	15	
33,55158	-5,81716	75W	35	
33,5512	-5,81717	30W	160	Faille
33,55101	-5,81718	80W	15	Schistosité
33,551	-5,81714	70W	350	
33,55113	-5,81704	30W	325	Faille
33,55126	-5,81681	80W	30	
33,5513	-5,81664	85W	15	
33,55122	-5,81643	60W	10	
33,55095	-5,81635	25E	35	
33,55061	-5,81609	65W	160	Schiste tacheté
33,55079	-5,81614	85W	0	
33,55052	-5,81634			Ancienne usine
33,55052	-5,81634	30W	20	Schistosité
33,55028	-5,81658	55W	10	Grès schistosé peu micassé
33,55008	-5,81673	50W	170	
33,55982	-5,81686	70W	5	Schiste vert
33,55927	-5,81702	85W	45	
33,55921	-5,81706	70W	25	
33,55909	-5,81714	65W	25	
33,55824	-5,8173	45W	15	
33,54876	-5,81733			J+150
33,54869	-5,81731	70W	25	
33,54862	-5,81746	5W	30	
33,54814	-5,81804	60W	7	
33,54789	-5,81813	60W	15	
33,54789	-5,81813	65W	65	Faille SiO2 rubané

33,54774	-5,81789	90E	135	
33,55202		60W		Fente
33,55214	-5,81752	85E		S1 PELITES GRESEUSES
33,55206	-5,81766	45E		S1 PELITES GRESEUSES
33,55207	-5,81733	70E		S1 PELITES GRESEUSES
33,55175	-5,81641	56W		S1 PELITES GRESEUSES
33,55146	-5,81697	50W		S1 PELITES GRESEUSES
33,55069	-5,81564	65E		S1 PELITES GRESEUSES
33,54991	-5,81602	65W		S1 PELITES GRESEUSES
33,5494	-5,81619	80W		S1 PELITES GRESEUSES
33,54917	-5,81618	55W		S. oxyd.e
33,54897	-5,81623	37E		S1 PELITES GRESEUSES
33,54827	-5,81645	20E		S1 PELITES GRESEUSES TACHETES
33,54803	-5,8167	95W		Greiso-pylite tres dur
33,54797	-5,81659	40E		S1 PELITES GRESEUSES TACHETES
33,5478	-5,81654	35E		Gres SO
33,54772	-5,81653	60W		Gres
33,54719	-5,8167	65W		S1 PELITES GRESEUSES
33,54728	-5,81664			Faïlle (5m) quartz ruban.
33,54729	-5,81659	70E		S1 PELITES GRESEUSES
33,54725	-5,81666	65W		S1 PELITES GRESEUSES
33,54686	-5,81685	70E		S1 PELITES GRESEUSES TACHETES
33,5466	-5,81683	45W		
33,54652	-5,81689	66W		
33,54637	-5,81697	80E		BARRE CALCAIRE
33,54625	-5,8166	20W		S1 PELITES GRESEUSES
33,54603	-5,81631	85W		S1 PELITES GRESEUSES
33,54602	-5,81564	84W		S1 PELITES GRESEUSES DURS
33,54569	-5,81689	85W		S1 PELITES GRESEUSES TACHETES
33,54505	-5,81765	55W		
33,54501	-5,81799	86W		
33,54535	-5,81811	72W		
33,5462	-5,81826	80W		S1 PELITES GRESEUSES TACHETES

Figure 48 : tableau : mesures acquises sur le terrain

TABLE DES ILLUSTRATIONS

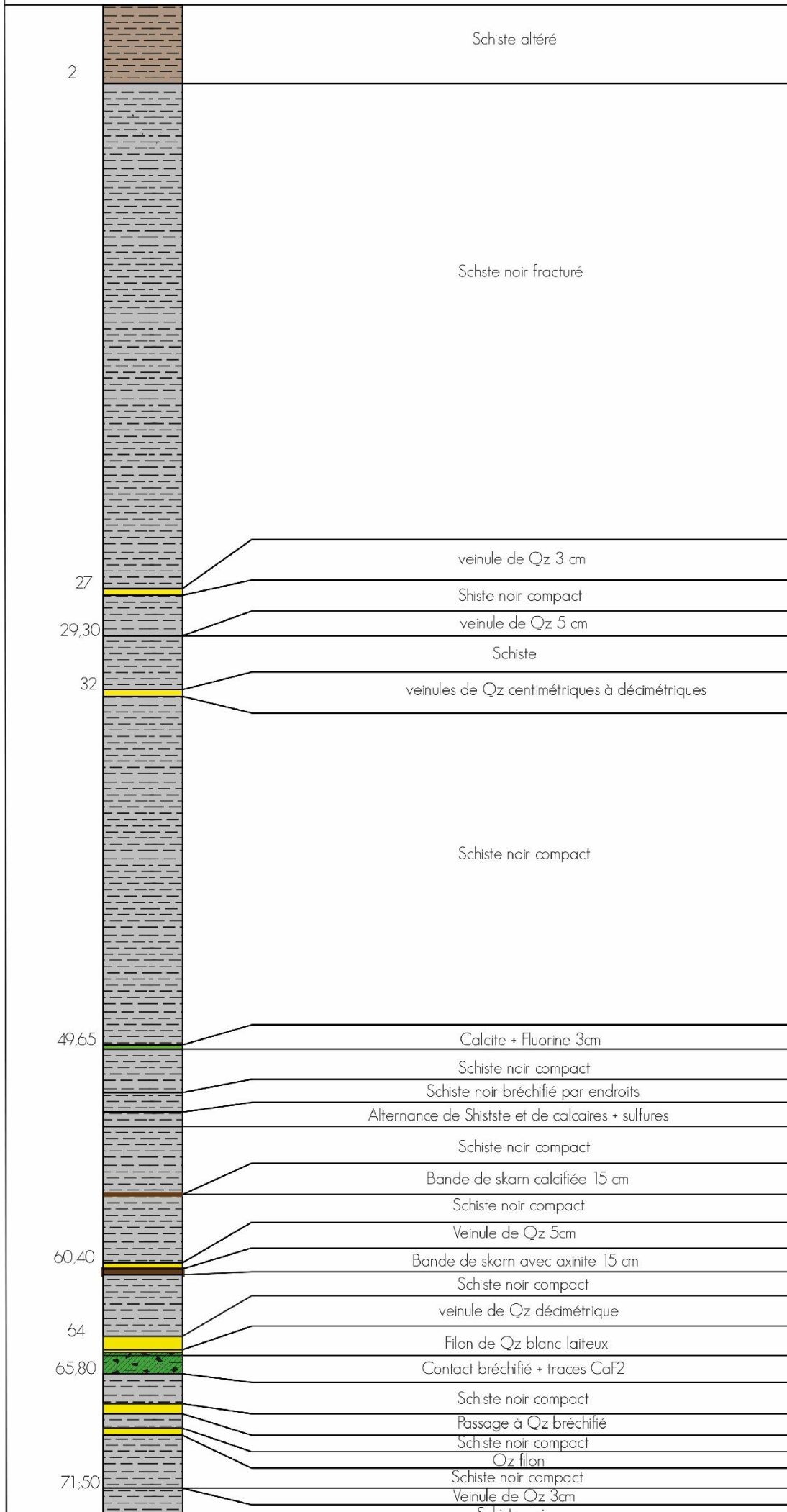
Figure 1 : A : carte des domaines structuraux du Maroc, avec localisation du Maroc central. B: principales unités structurales (d'après Michard 1976, Fadli et al. 1991).....	7
Figure 2 : Trajet d'accès à la mine depuis Meknès sur image satellite.....	10
Figure 3 : Log stratigraphique synthétique de la région d'El Hammam.....	11
Figure 4 : Carte géologique du district d'El Hammam (Agard 1966, Baoutoul 1991, Zouhir 1993, modifiée et complétée Baamar 2017) et sa colonne stratigraphique synthétique.	12
Figure 5 : Coupe schématique de la région d'El Hammam (Lummen, 1979).....	14
Figure 6 : Carte des filons de fluorine du district d'El Hammam(Baamar et al 2017).....	15
Figure 7 : Récapitulatif du contexte structural d'El Hammam (baamar 2017).....	15
Figure 8 : Associations minérales et stades de dépôt des minéralisations fluorifères.(Jébrak 1984)....	19
Figure 9: organisme du groupe MANAGEM.....	21
Figure 10 : Exploitation du panneau minéralisé par la méthode TMR.....	23
Figure 11 : image satellitaire (Google Earth) montrant la zone d'étude par rapport au centre minier	26
Figure 12 : barre de calco-schistes du Viséen moyen formant l'ossatures du relief.....	27
Figure 13 : Pélites géseuses du Viséen supérieur.....	27
Figure 14: données des pendages acquises sur les traits de coupe sur le terrain.....	29
Figure 15 : couches de données utilisées dans la carte.....	29
Figure 16 : levé géologique réalisé dans le secteur d'étude.....	31
Figure 17 : dessin schématique illustrant les crochons autour de la faille d'El Hammam à jeu apparent décrochant dextre qui précède un décalage senestre.....	32
Figure 18 : Couloir de la faille bréchifié d'El Hammam.....	33
Figure 19: Rosace directionnelle de la schistosité.....	34
Figure 20: Rosaces directionnelles de la fracturation.....	35
Figure 22 : ouverture en Pull-Appart à remplissage CaF ₂ + sulfures.....	36
Figure 23 : stries à pitch 30° vers NW montrant le jeu dextre normal de la FEH N45° ,NW.....	36
Figure 21 : dispositif des ouvertures formées lors d'un jeu normal en général.....	36
Figure 24 :Schéma du modèle structural d'ouverture des structures étudiées.....	36
Figure 25 : filon satellite à fluorine violette affleurant sur talweg.....	37
Figure 26 : fluorine violette massive à traces de rubanement.....	37
Figure 27 : schiste massif tacheté.....	38
Figure 28 : (A) : calco-schistes à cavité tourmalinisée (B): - Formation de calco-schistes à allternances de lits skarnifiés (métasomatiques).....	38
Figure 29 : calco-schistes cornifiés et passage à la déformation ductile au voisinage de l'apophyse granitique du Oued Beht.....	39
Figure 30: tranchet planifié perpendiculaire à une structure fluorifère.....	39
Figure 32 : filon à (CaCO ₃ +CaF ₂) affleurant et sa continuité supposée.....	39
Figure 31 : structure à fluorine violotte dévoilée par prospection marteau.....	39
Figure 33 : A: tourmaline encaissée dans une brèche de quartz B: tourmaline interstratifiée dans des sulfures Qz br : quartz bréchifié ; Tm : tourmaline.....	40
Figure 34 : sondeuse LY 38 au cours du sondage réalisé.....	41

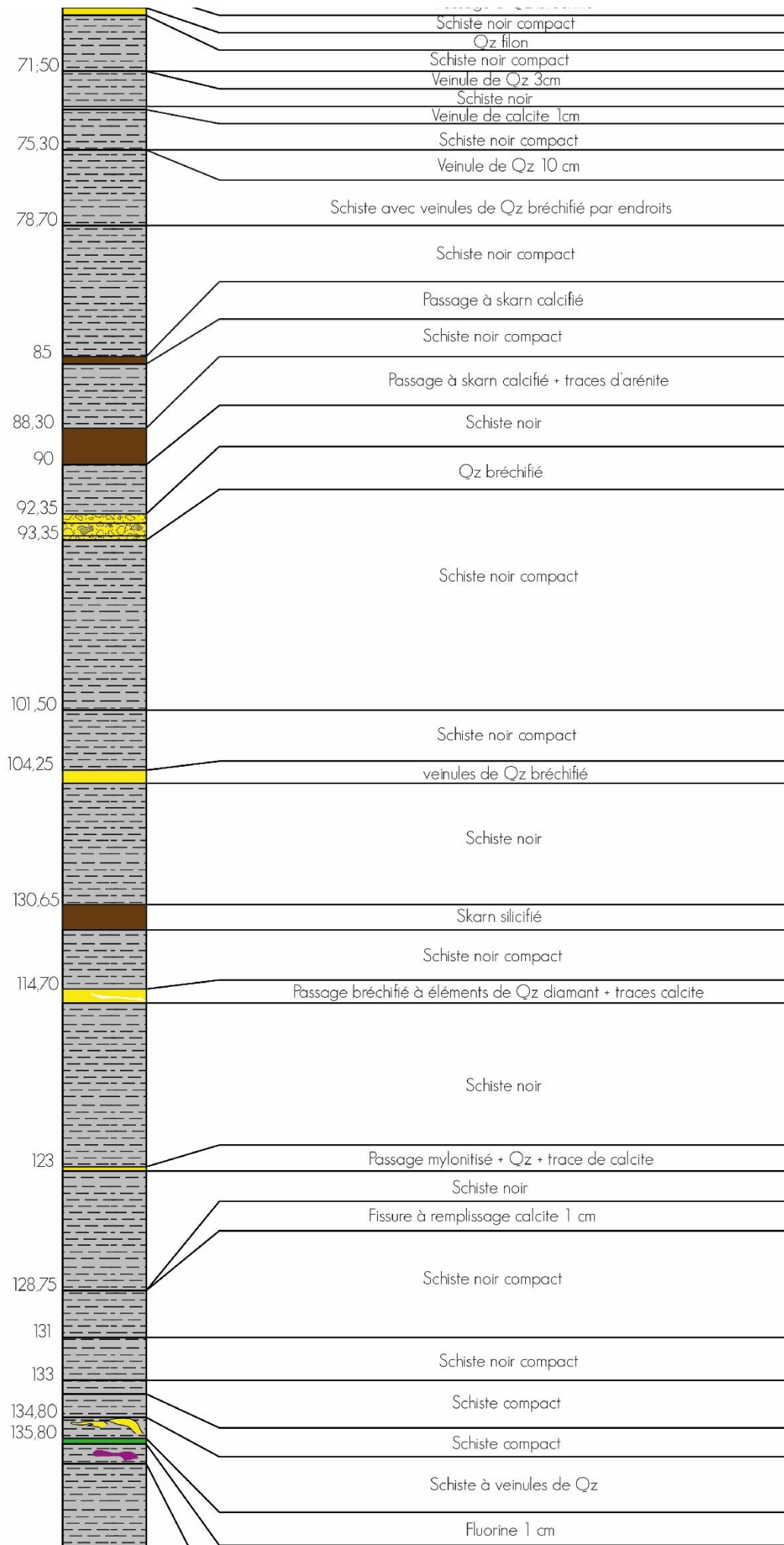
Figure 35 levé minier du niveau +200.....	42
Figure 36 : levé minier du niveau +150.....	42
Figure 37 : levé minier du niveau -200.....	42
Figure 38 : coupe A-B.....	43
Figure 39 : coupe C-D.....	44
Figure 40 : carte d'isoteneurs de la zone d'étude.....	45
Figure 41 : Figure 1 : A : carte des domaines structuraux du Maroc, avec localisation du Maroc central et la région de bouquachmir . B: principales unités structurales (Michard 1976, Fadli et al. 1991).....	48
Figure 42 : carte du champ résiduel superposée sur feuille topographique de Bouquachmir 1:50 000.....	49
Figure 43 43 : carte de répartition des échantillons planifiés (SAMINE 2018).....	50
Figure 44 : carte de répartition des échantillons récoltés (SAMINE 2018).....	51
Figure 45 : carte d'anomalies alluvionnaires de la région de bouquachmir.....	52
Figure 46 : Esquisse géologiques simplifiée de la zone d'étude.....	53
Figure 47 : tableau : fiche d'analyses (XRF) des filons fluorifères dans la zone d'étude.....	57
Figure 48 : tableau : mesures acquises sur le terrain.....	59

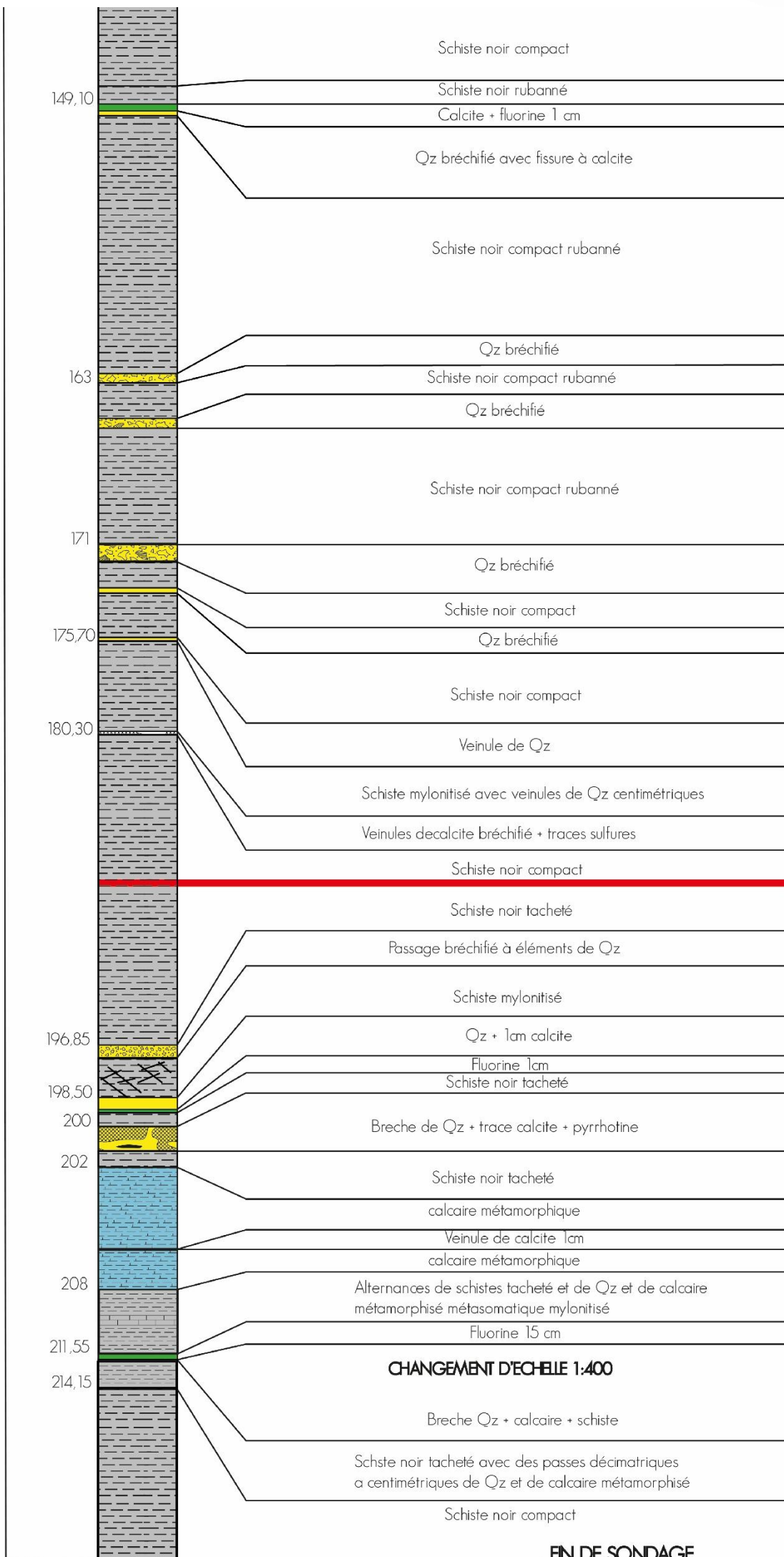
Description du sondage réalisé

Metrage Log

Description petrographique







FION II

Auréole De Métamorphisme

