



Année Universitaire : 2020-2021



Licence Sciences et Techniques : Géo-ressources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Etude Géologique et Géostatistique des indices miniers de la boutonnière de TAZEKKA

Présenté par:

EL OMARI Imane
IMOUGA Yasmine

Encadré par:

Pr. BOUKHIR Mohammed, FST-Fès
Mr. CHOUKRAD Jaouad, ATLAS MINING

Soutenu Le 09 Juillet 2021, devant le jury composé de :

Pr. BOUKHIR Mohammed
Pr. CHARROUD Mohammed
Pr. HINAJE Said
Pr. ZAHOUR Rachid



Stage effectué à : ATLAS MINING



REMERCIEMENT

Avec un esprit de respect, on remercie les responsables de la société Atlas Mining qui ont permis notre stage au sein de la société.

On tient à remercier notre encadrant **Pr. BOUKHIR Mohammed** de la FST-Fès. Aussi nos remerciements vont à **Mr. CHOUKRAD Jaouad** pour le sujet intéressant qu'il nous a proposé. On tient aussi à exprimer nos vifs remerciements à **Mr. SAOUD Naoufal** et **Mr. EL MOUSSALIM Mohammed Amine**.

On tient à remercier **Mr. IJJAALI Mustapha** le Doyen de FST Fès et tout le corps administratif, qui nous ont offert l'occasion d'être des étudiants dans notre établissement.

Nous remercions aussi : **Mr. HINAJE S.**, **Mr. BOUKHIR M.**, **Mr. CHARROUD M.** et **Mr ZAHOUR R.** comme étant membre de jury de leur présence.

On ne laisse pas cette occasion passer sans remercier très vivement nos chers enseignants de la Faculté des sciences et techniques de Fès, pour les connaissances qu'ils nous ont permis d'acquérir.

Enfin, nos remerciements à nos familles et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.



SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS SUR LA GEOLOGIE DU MAROC.....	2
1 LES PRINCIPAUX DOMAINES STRUCTURAUX DU MAROC.....	2
1.1 Domaine anti atlasique et saharien :.....	3
1.2 Domaine Atlaso-mésétien :.....	3
1.3 Domaine rifain :.....	4
2 MOYEN ATLAS.....	5
3 LES GRANDS ENSEMBLES STRUCTURAUX DU MOYEN ATLAS :.....	6
3.1 Moyen atlas plissé :.....	6
3.2 Le cause moyen atlasique :.....	7
CHAPITRE 2 : CONTEXTE GÉOLOGIQUE STRUCTURAL ET MINÉRALOGIQUE DE LA BOUTONNIÈRE DE TAZEKKA.....	9
1 LA BOUTONNIÈRE DE TAZEKKA :.....	9
1.1 Situation géographique :.....	9
1.2 L'importance de tazekka :.....	9
2 CADRE GITOLOGIQUE :.....	10
2.1 Les principaux gisements du massif de tazekka :.....	10
3 CADRE LITHOSTRATIGRAPHIQUE :.....	11
3.1 Domaine occidental :.....	12
3.2 Domaine intermédiaire :.....	12
3.3 Domaine oriental :.....	13
3.3.1 Les schistes de Tazekka :.....	13
3.3.2 Complexe volcano-sédimentaire :.....	13
4 CADRE STRUCTURAL :.....	13
5 CADRE MAGMATIQUE ET METAMORPHIQUE :.....	16
1 TRAVAUX DE TERRAIN.....	17
1.1 CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE.....	17
1.1.1 Cadre géographique:.....	18
1.1.2 Cadre géologique:.....	18
1.2 Etude Géostatistique et Caractéristiques de la minéralisation.....	20
1.3 ECHANTILLONNAGE.....	24
1.4 ANALYSE GEOCHIMIQUE.....	27
1.5 RESULTATS ET INTERPRETATION.....	27
CONCLUSION.....	30



LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte des principaux domaines structuraux du Maroc (Michard et al. 2010).....	2
Figure 2: Carte géologique simplifiée de la chaîne de l'Anti-Atlas.....	3
Figure 3: Unités géologiques du Rif (d'après Negro et al. 2008 ; modifié).	4
Figure 4: Situation géographique du moyen atlas.	6
Figure 5: a-Carte du Nord du Maroc montrant les grands domaines structuraux	8
Figure 6 : Localisation de la boutonnière du Tazekka (Google Earth)	9
Figure 7: Carte géologique du massif du Tazekka. (Hoepffner, 1978, redessiné)	11
Figure 8 : Carte Topographique de TAZA avec localisation de zones cartographiées (Atlas Mining).	17
Figure 9 : Localisation de la zone de Bou Jaâda.....	18
Figure 10 : carte géologique de la zone d'étude (Atlas Mining).	19
Figure 11 : Données géostatistique sur le minerai d'antimoine	20
Figure 12: Données géostatistique sur le minerai de Fer	21
Figure 13: Données géostatistique sur le minerai d'Argent	22
Figure 14: Données géostatistique sur le minerai de Cuivre	23
Figure 15 : Coupe géologique de la zone de Bou Jaâda	24
Figure 16 : Galerie d'exploitation du Pb	24
Figure 17 : Dolomie grise avec des oxydes de Fe et Zn.	25
Figure 18 : Dolomie grise portant des traces d'altération et d'activité hydrothermale.	25
Figure 19: miroir de faille et corps dolomitique fracturée.	26
Figure 20 : Brèche dolomitique à élément polygénique rougeâtre avec minéralisation a Zn-Fe.....	27
Figure 21 : Carte géologique de Bou Jaâda avec pointage des prélèvements (Atlas Mining).	28



INTRODUCTION

Le massif de Tazekka est situé dans la partie septentrionale du Moyen Atlas oriental, il est attaché à la province de Taza, limité par le Rif au Nord, le Moyen Atlas au Sud, la plaine du Rharb à l'Ouest et la plaine de Guercif à l'Est.

Il s'étend sur une longueur de 50 km et une largeur de 15 km. Les altitudes sont comprises entre 500 et 1980 m. Le massif se présente comme une boutonnière constituée par des terrains paléozoïques entourés par une couverture secondaire.

Les formations paléozoïques sont constituées par des schistes du Viséen inférieur traversés par un pointement granitique hercynien. Les terrains secondaires sont représentés par des argiles du Trias, des dolomies du Lias inférieur, des calcaires et des marnes du Lias moyen et supérieur.

Le but de ce travail est de réaliser une étude géologique, structurale, pétrographique et minéralogique du massif de Tazekka.

Ce rapport est divisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre décrit les principaux domaines du Maroc, sur lesquels nous y délimiterons la zone d'étude (Boujaada dans la boutonnière de Tazekka).
- Le deuxième chapitre portera sur la géologie structurale, la lithologie, la stratigraphie, et le magmatisme de la boutonnière de Tazekka.
- Le troisième chapitre sera axé sur les minéralisations du massif de Tazekka.

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS SUR LA GEOLOGIE DU MAROC

1 LES PRINCIPAUX DOMAINES STRUCTURAUX DU MAROC

Le Maroc, pays des contrastes, présente des différences de relief avec des conditions climatiques différentes. Ainsi on distingue les domaines géographiques suivants :

Le domaine anti-atlasique et saharien, le domaine atlaso-mésétien et le domaine rifain.

Ces domaines sont séparés par des accidents tectoniques importants de la croûte terrestre ; il s'agit de l'accident sud atlasique (A.S.A), et du front des charriages rifains venus du Nord. Le domaine anti atlasique et saharien est caractérisé par les orogènes précambriennes et varisques, tandis que les domaines atlaso-mésétien et rifain sont façonnés par les orogènes hercynienne et alpine.

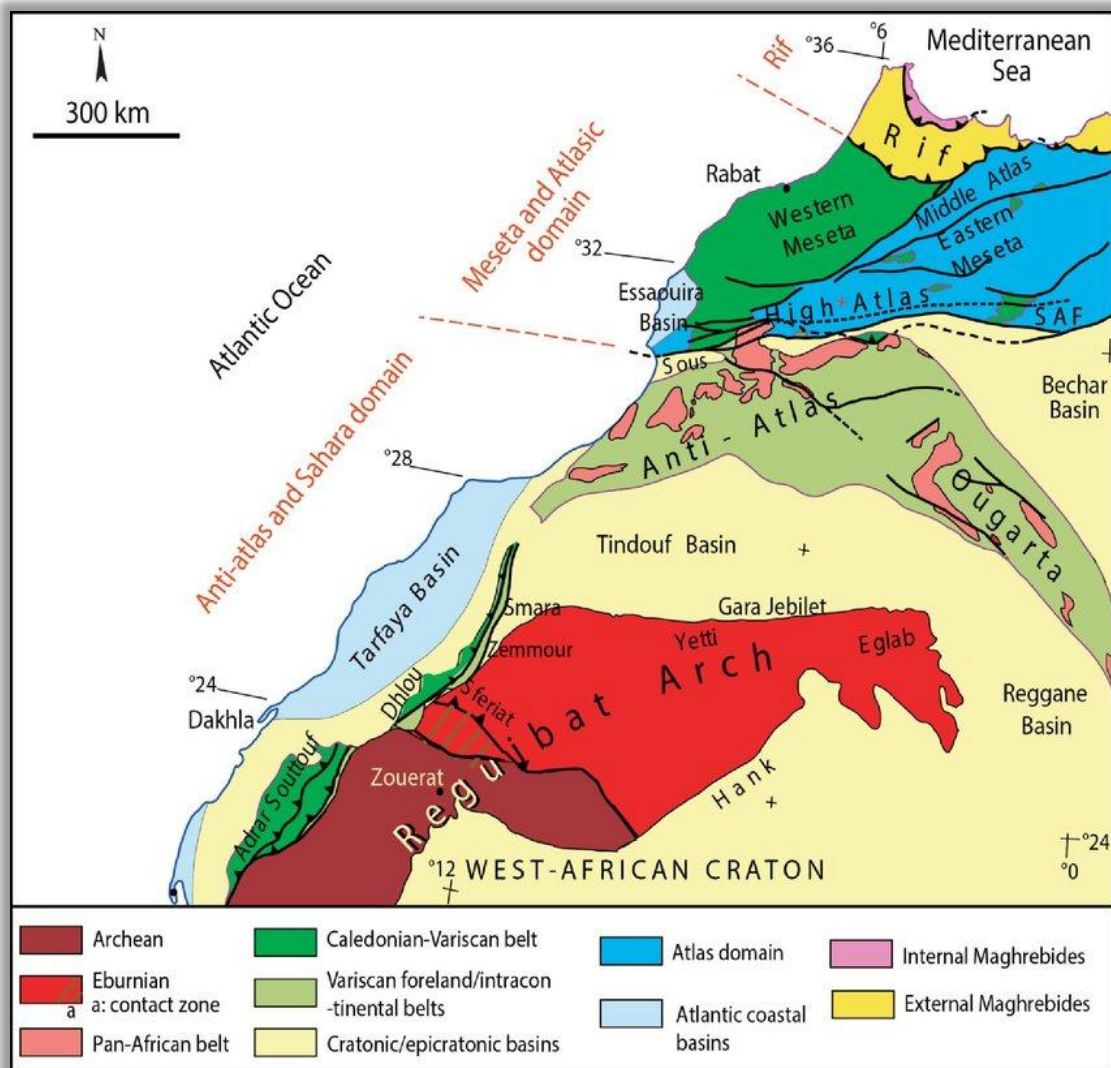


Figure 1: Carte des principaux domaines structuraux du Maroc (Michard et al. 2010).

1.1 Domaine anti atlasique et saharien :

Limité au Nord par l'accident sud atlasique, le domaine anti atlasique s'étend de l'Ouest à l'Est depuis l'Atlantique jusqu'à l'Algérie où il se poursuit. Vers le Sud, ce domaine continue au-delà des formations plio-quaternaires appelées les Hamada ; et se rattache directement au bouclier Ouest-Africain par son socle Précambrien ou Archéen et ses couvertures infra-cambrienne et paléozoïque. (Hamada : plateau de formations récentes de quelques dizaines de mètres).

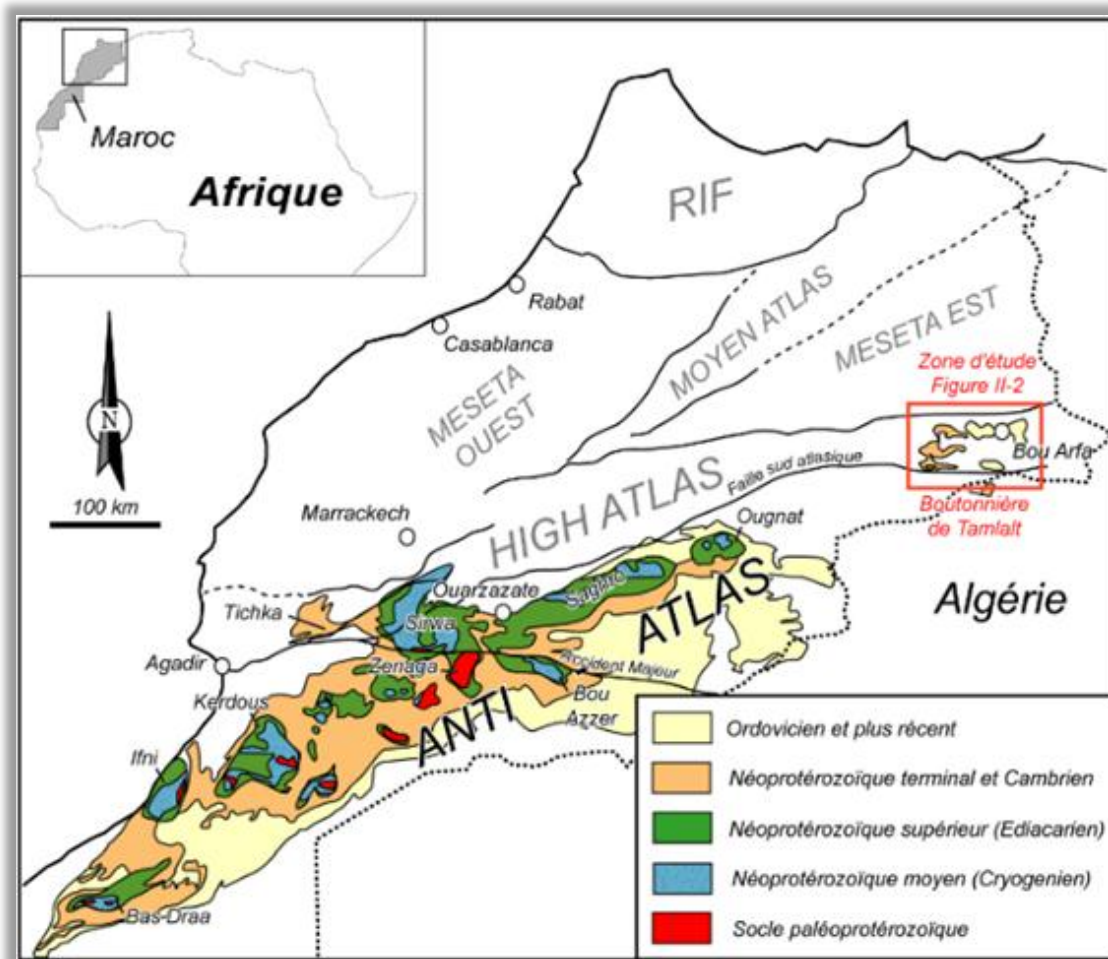


Figure 2: Carte géologique simplifiée de la chaîne de l'Anti-Atlas

1.2 Domaine Atlaso-mésétien :

Situé entre l'accident sud atlasique et la limite sud du Prérif, ce domaine est constitué par :

- Un socle paléozoïque (les mésetas) d'âge allant du Cambrien jusqu'au Carbonifère et constitué essentiellement par des terrains sédimentaires avec une intense activité volcanique bimodale au Viséen. Ce socle a été structuré par l'orogénèse hercynienne responsable aussi de la mise en place de nombreuses intrusions de granitoïdes.

- Une couverture, formée de terrains essentiellement carbonatés, mésozoïques et cénozoïques comportant deux unités structurales :
 - Une zone à couverture plissée comprenant le Haut et le Moyen Atlas, ayant subi une tectonique alpine précoce.
 - Une zone à couverture tabulaire comprenant le causse moyen atlasique, les hauts plateaux et le pays des horsts dans le Maroc oriental.

1.3 Domaine rifain :

La chaîne rifaine se présente à l'extrême Nord du Maroc sous forme d'un arc bordant la côte Sud occidentale de la méditerranée. Il est subdivisé du Nord vers le Sud en trois grandes parties structurales :

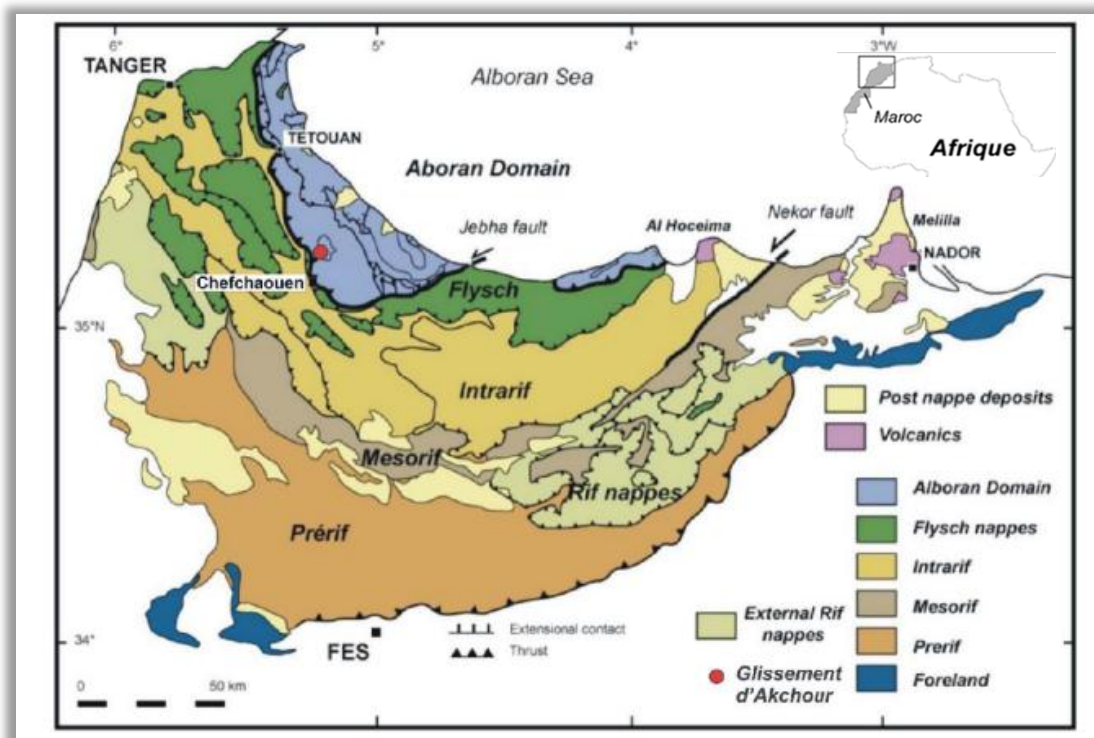


Figure 3: Unités géologiques du Rif (d'après Negro et al. 2008 ; modifié).

- Les zones internes : font partie de la plaque d'Alboran formée au Mésozoïque entre l'Afrique et l'Europe. Elles sont constituées par des unités allochtones formées de terrains paléozoïques et de leur couverture mésozoïque (Sebtides, Ghomarides et chaîne calcaire).
- Le domaine des nappes de flyschs : il est constitué par des unités à sédiments détritiques profonds déposées dans un bassin profond bordant la plaque d'Alboran au Sud.



- Le domaine externe : correspond à un sillon comblé par d'épaisses séries méso-cénozoïques essentiellement marneuses.

2 MOYEN ATLAS

Le Moyen Atlas est un élément du sous-domaine des chaînes atlasiques. Il est délimité par : la plaine du Saïs et le front de la nappe rifaine au Nord, le bassin de Guercif au Nord-Est, les dépressions de la Moulouya à l'Est et au Sud, le Maroc central à l'Ouest.

Le Moyen Atlas est composé par la juxtaposition de deux domaines structuraux : le cause subtabulaire et le Moyen Atlas Plissé. Ces domaines sont séparés par le linéament majeur qui souligne la zone de passage de l'accident Nord moyen atlasique.

Les formations qui constituent le Moyen Atlas sont du plus ancien au plus récent :

- Les formations paléozoïques qui affleurent dans le massif de Tazekka et les boutonnières d'**El Hajeb**, de **Bsabis**, de **Kandar**, d'**El Menzel**, de **Kerrouchen** ...etc.
- Les formations triasico-liasiques affleurent autour des terrains paléozoïques, surtout au niveau du massif de **Tazekka** et la région d'**El Kbab - Kerrouchène**. Ces formations affleurent aussi le long des grands accidents ;
- Les formations du Jurassique inférieur et moyen constituant l'essentiel de la chaîne moyen atlasique;
- Les formations Crétacé cantonnées dans le centre de la chaîne ;
- Le Miocène affleurant dans la partie NW de la chaîne,
- Le Plio-Quaternaire très développé près des grands accidents et à la périphérie de la chaîne.

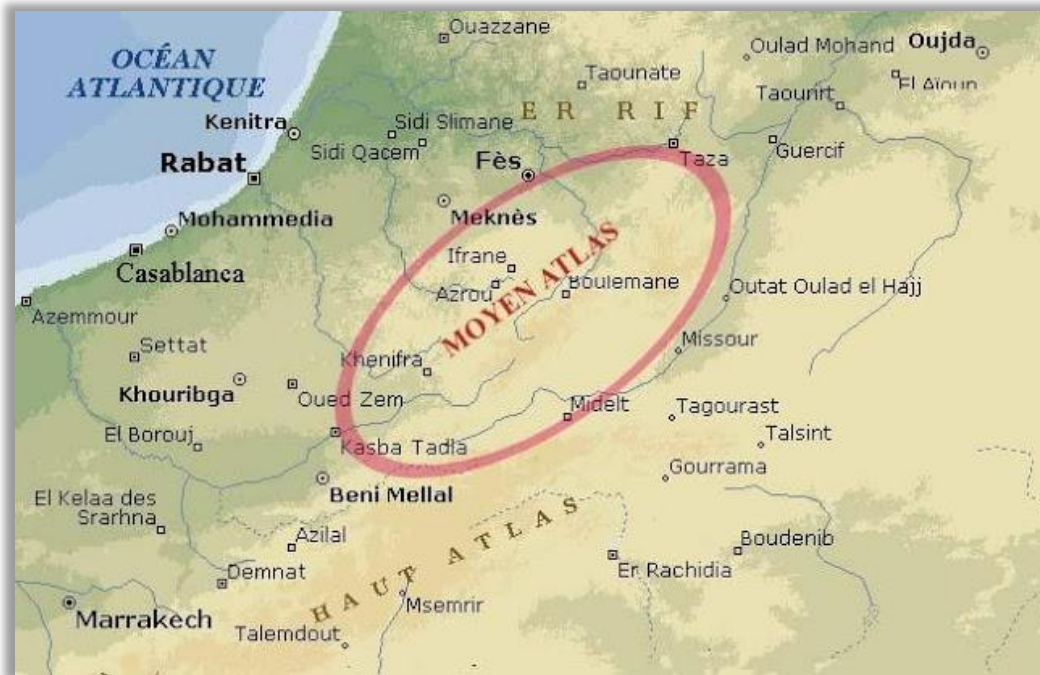


Figure 4: Situation géographique du moyen atlas.

3 LES GRANDS ENSEMBLES STRUCTURAUX DU MOYEN ATLAS :

3.1 Moyen atlas plissé :

Le Moyen Atlas plissé est l'ensemble montagneux du Moyen Atlas oriental qui se situe à l'Est de l'accident tectonique majeur dénommé « Nord-moyen atlasique » (Colo, 1961).

C'est essentiellement la structure géologique qui différencie le Moyen Atlas plissé du Causse moyen-atlasique situé à l'Ouest.

Le Moyen Atlas plissé constitue un massif allongé de 250 km dans le sens NNE-SSW, d'une largeur de 10 à 50 km, d'une superficie de 5.000 km². Ses limites sont :

- Vers l'W, les massifs paléozoïques du **Tazekka** et de **Bsabis** dans la partie septentrionale, puis l'accident « Nord-moyen-atlasique » qui le sépare du Causse du Moyen Atlas tabulaire.
- Vers le N, la plaine de **Guercif** où les formations jurassiques du Moyen Atlas s'engouffrent sous un épais recouvrement néogène.
- Vers l'E, les piémonts de la vallée de la **Moulouya**.
- Vers le S, les massifs paléozoïques et permo-triasiques d'**Aouli-Mibladen** et de **Bou-Mia**.



3.2 Le causse moyen atlasique :

Le Causse moyen-atlasique qui sera décrit ci-après est compris entre les latitudes Nord $32^{\circ} 55'$ et 34° Au Sud, est situé au Nord et au NW de l'Accident Nord Moyen Atlasique (A.N.M.A) qui le sépare du Moyen Atlas plissé situé à l'Est (colo1961).

Le causse a été subdivisé, selon les critères géographiques et structuraux en deux parties :

Une partie occidentale qui va de la bordure de la Meseta à l'**Oued Sebou**, et une partie orientale qui correspond aux bordures liasiques de l'anticlinale de **Tazekka**.

La partie occidentale est elle-même subdivisée en deux tronçons suivant des critères structuraux:

Un tronçon septentrional au NE, et un tronçon méridional au SW séparés par l'importante ligne d'accidents de **Tizi-N'tretten**.

- Le tronçon méridional comprend le causse de Guigou, d'**El Menzel**, d'**El Hammam** et de **Tahla**, etc.
- Le tronçon septentrional correspond au causse d'**Agourai**, au causse de **Séfrou**, au causse d'**Imouzer Kander**, au causse d'El **Hajeb** et au causse d'**Ifrane**.

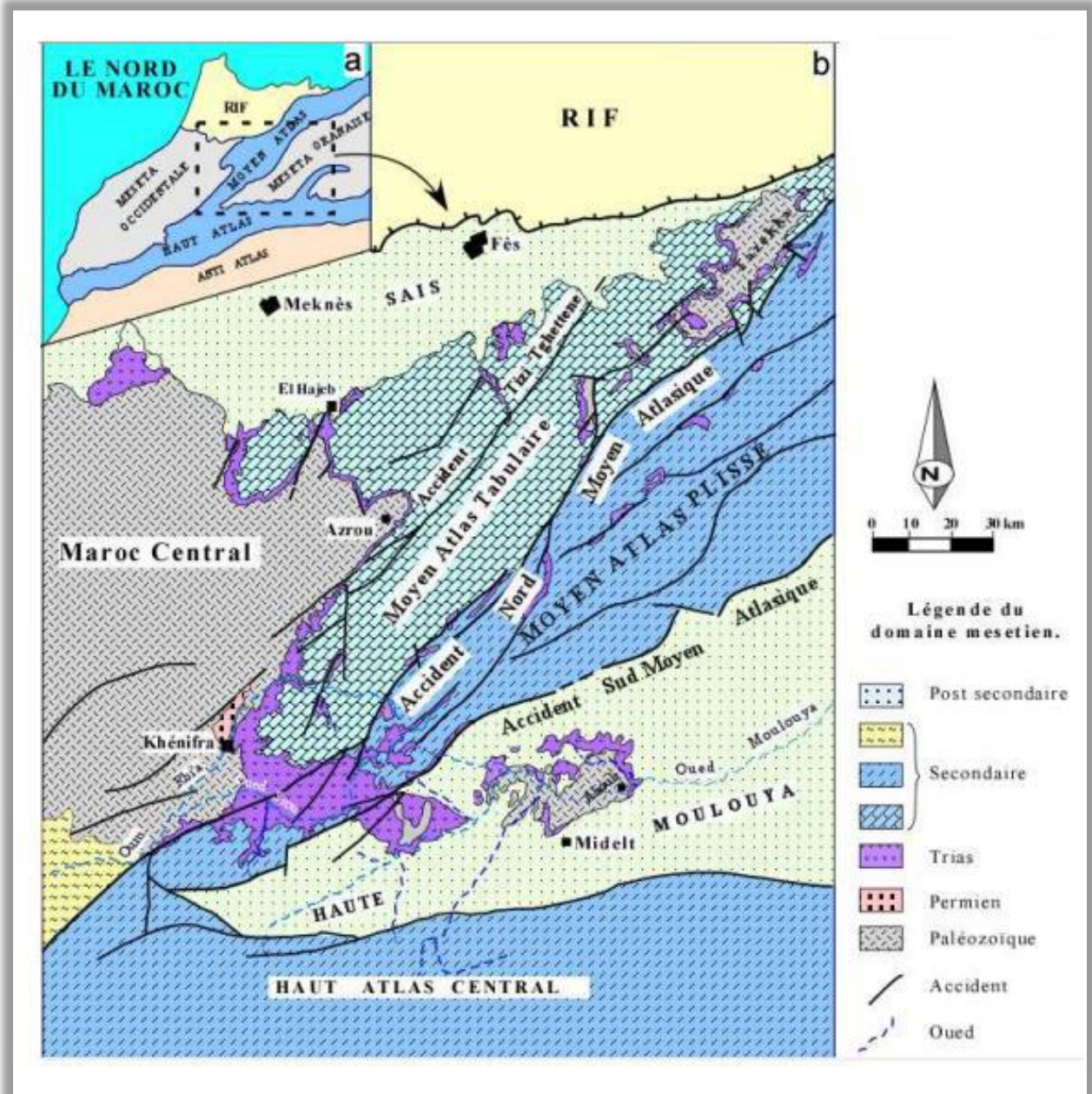


Figure 5: a-Carte du Nord du Maroc montrant les grands domaines structuraux
 .b-Carte géologique simplifiée du Moyen Atlas

CHAPITRE 2 : CONTEXTE GÉOLOGIQUE STRUCTURAL ET MINÉRALOGIQUE DE LA BOUTONNIÈRE DE TAZEKKA

1 LA BOUTONNIÈRE DE TAZEKKA :

1.1 Situation géographique :

Le massif de **Tazekka** est une boutonnière paléozoïque située au SW de **Taza** à la limite entre le moyen atlas tabulaire (casse moyen atlasique) et le moyen atlas plissé.

Il se place sur la zone de failles **tazekka-Bsabis-Bekrit**, accident majeur varisque marquant la limite entre la meseta occidentale et la meseta orientale.

Le massif est formé de terrains du paléozoïque inférieur-moyen structurés en plis et écaillés d'axes NNE-SSW lors de la phase éovarisque.

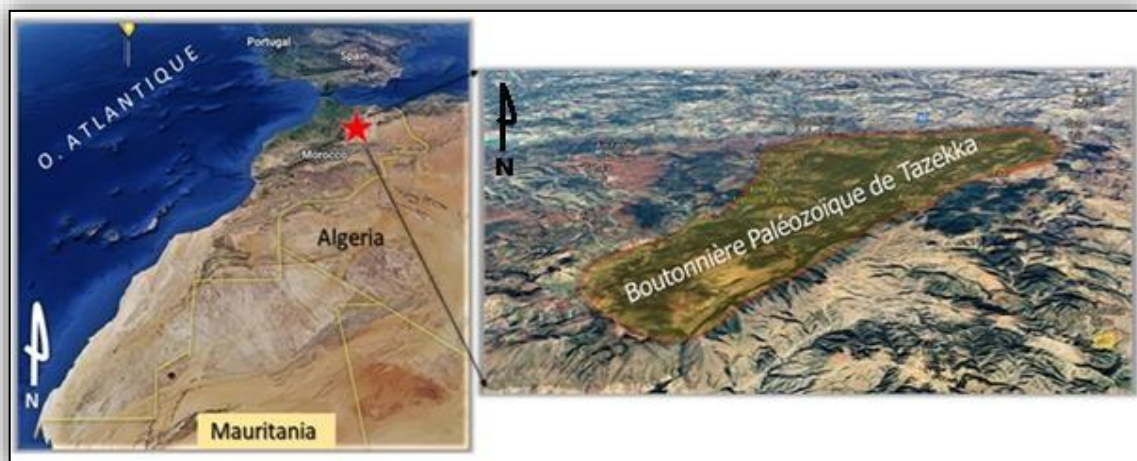


Figure 6 : Localisation de la boutonnière du Tazekka (Google Earth)

Le massif de **Tazekka** est l'un des massifs les plus importants du côté géologique, structural, magmatique, pétrographique, et minéralogique. L'importance de cette région se propage initialement sur des gisements et substances qui comportent une quantité notable de réserve de minerai exploitable.

- ❖ Du côté géologique : Les études lithostratigraphiques et tectono-sédimentaires nous ont permis de distinguer l'évolution géodynamique des aires de dépôts et l'origine des apports sédimentaires et volcaniques, l'étude tectonique et microtectonique réalisée, nous a permis de montrer que le socle paléozoïque et la couverture méso-cénozoïque sont affectés par une tectonique polyphasée responsable de la surrection de la boutonnière de **Tazekka** et l'installation des structures tectoniques. Celles-ci vont jouer le rôle de pièges structuraux et



de métallotectes locaux, qui semblent favoriser l'édification des gisements ou des concentrations minières.

- ❖ Du côté minier : Le massif de **Tazekka**, structuré par l'orogénèse hercynienne, (Maroc oriental) contient des minéralisations de nature variée (Sb, As, Pb, Zn, Cu, w, Mo, Bi, Fe, Au...) encaissées dans le socle paléozoïque et la couverture méso-cénozoïque discordante.

2 CADRE GITOLOGIQUE :

2.1 Les principaux gisements du massif de tazekka :

- Plomb-zinc (Pb-Zn) :

Le district à Pb-Zn de **tazekka** est l'un des districts à montrer des minéralisations filoniennes dans le socle paléozoïque et des amas de type Mississippi Valley dans la couverture liasique. Il existe une relation géométrique entre ces deux types de minéralisations. Les filons forment deux grandes familles : la première formée par des filons hercyniens de direction NE-SW et la seconde regroupe des filons E-W tardi-hercyniens. La minéralisation de ces filons est en relation avec le granite de **Tazekka** qui leur constitue la source du plomb.

La source du soufre de ces filons est triple : le soufre réduit des roches magmatiques, le soufre issu de la dismutation de la pyrite ou de l'hydrolyse du SO₂ magmatique. Les minéralisations de type Mississippi Valley (M.V.T) de la couverture liasique montre une double zonalité spatio-temporelle qui reflète le cheminement des fluides minéralisateurs depuis le cœur du bassin moyen-atlastique jusqu'au Causse moyen-atlastique.

- Antimoine (Sb) :

Dans le massif de **Tazekka**, deux gîtes d'antimoine sont connus, le gîte du **sned** est encaissé dans les schistes du **Tazekka** (ordovicien inférieur). Celui de **Boujaada** Nord est dans des brèches andésitiques du viséen supérieur-namurien.

- Fer (Fe) :

Les principaux gîtes sont : **Tissidelt**, **Bab Messaoud**, **Ooutal** et **Merzoug** et **Chekka**. Ils se présentent sous forme d'amas irréguliers, de dimensions considérables. Ils apparaissent fréquemment le long de failles ou de couloirs de failles, le plus souvent de direction NE-SW, qui mettent en contact le Trias avec la partie basale du Lias inférieur (Morin, 1960 ; Auajjar, 1987).

- Manganèse (Mn) :

Elles sont représentées par les gîtes sédimentaires de **Tissidelt** qui sont liés à de minces passées dolomitiques au sommet des argiles rouges du Lias. Leur minerai est constitué de polianite et psilomélane (Morin 1960).

3 CADRE LITHOSTRATIGRAPHIQUE :

Le massif de **Tazekka**, allongé en direction NE-SW est une boutonnière de terrains paléozoïques structurés lors de l'orogénèse hercynienne. Il est constitué de trois domaines structuraux, du NW au SE : Un domaine occidentale, un domaine intermédiaire ou « zone tectonique de Bab Azhar » et un domaine oriental (Hoepffner, 1978).

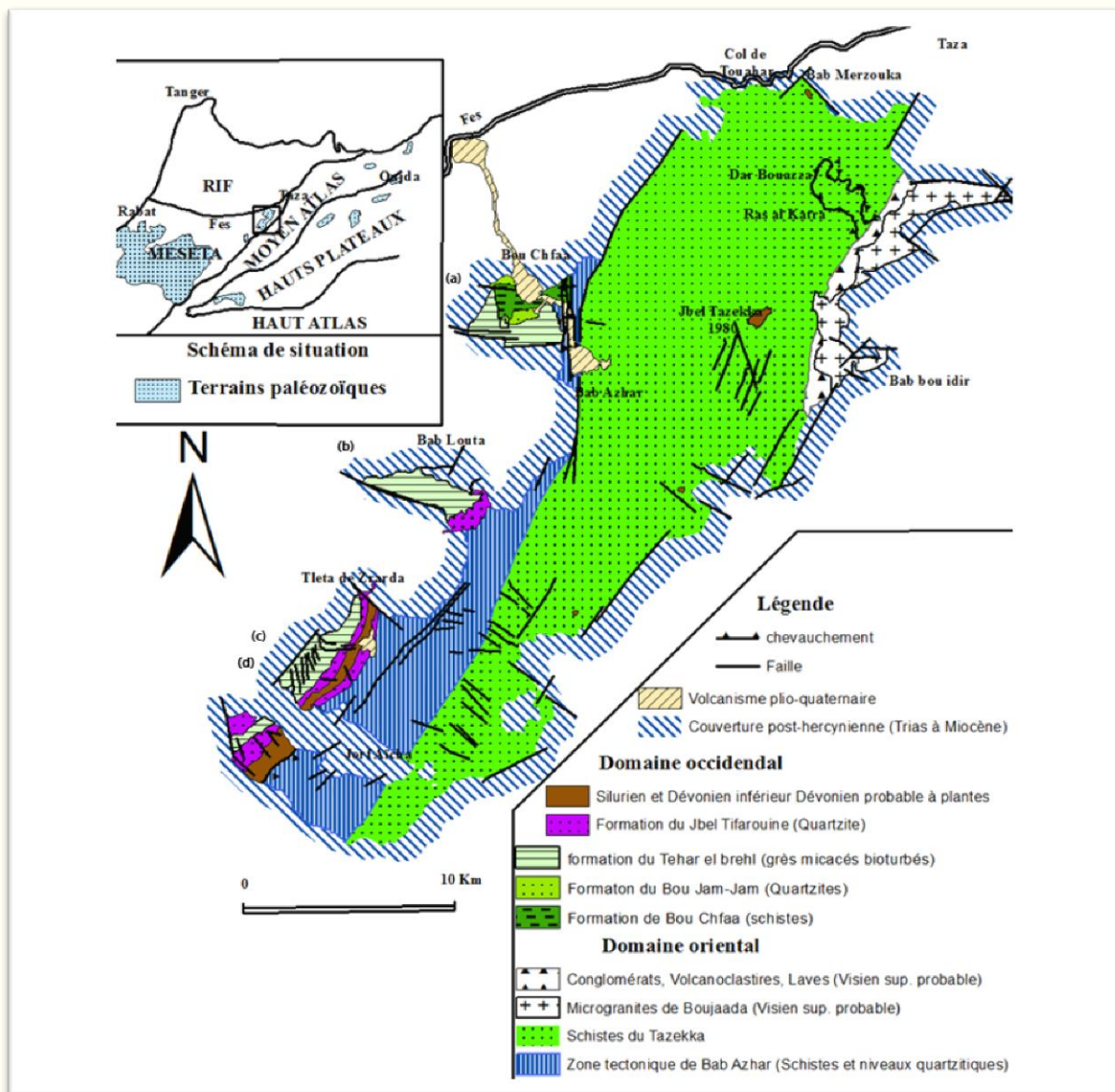


Figure 7: Carte géologique du massif du Tazekka. (Hoepffner, 1978, redessiné)



3.1 Domaine occidental :

C'est une bande de 5 km de largeur, de direction NE-SW, où affleurent des terrains peu ou pas métamorphiques fossilifères et d'âge variant de l'Ordovicien inférieur au Dévonien moyen.

Dans ce domaine on a distingué, de la base au sommet :

- L'Ordovicien, représenté par 800 m de pélites micacées vert-olive ou gris-verdâtre, de quartzites, grès quartzites et pélites micacées à niveaux gréseux millimétriques, très bioturbées (Hoepffner, 1978 et 1987) ; les seules datations sont offertes, à la base, par un graptolithe indiquant le Lanvirnien inférieur (Ordovicien inférieur) et au sommet par sa position au mur des phanites du Silurien inférieur.
- Le Silurien, représenté par 100 à 150 m de schistes gréseux et phanites noires vers la base, passe à des niveaux d'argilites charbonneuses vers le sommet, avec localement des niveaux gréseux interstratifiés (Hoepffner 1987) ; les phanites noires ont livré des débris fossilifères appartenant au niveau Llandovery inférieur (Silurien inférieur) et deux gisements fossilifères de graptolites charbonneuses ont livré une faune de Ludlovien (Silurien sup)
- Le Dévonien inférieur à moyen est une formation essentiellement détritique constituée de passées de grauwackes et d'arénites séparées par des niveaux pélitiques noirs. Cette formation est caractérisée par des intercalations riches en débris de plantes, chitinozoaires, acritarches et spores.

3.2 Domaine intermédiaire :

Il forme une bande étroite au Nord, s'élargissant progressivement vers la terminaison Sud-Ouest de la boutonnière. Ce domaine est constitué de pélites verdâtres ou grises à niveaux silteux millimétriques, de psammites plus ou moins bioturbées, de lentilles centimétriques de grès limoniteux à faciès « cone-in-cone » et de quelques rares bancs de grès-quartzites.

Dans ce domaine les cisaillements sont très importants et conduisent à une forte désorganisation des terrains ordoviciens. La tectonique est polyphasée et l'intensité du métamorphisme et de la déformation montre une augmentation progressive d'Ouest en Est depuis l'anchizone jusqu'à l'épizone (Hoepffner, 1978 et 1987).

Le contact entre la zone tectonique de Bab Azhar et le domaine occidental est toujours tectonique. Il s'agit d'une zone de failles orientées N-S et pentées vers l'Est dans la partie Nord et de fractures de directions N40° s'inclinant vers le Sud-Ouest au Sud de Tleta de Zerarda.

Le contact entre ce domaine et le domaine oriental est également tectonique.



3.3 Domaine oriental :

Il représente la plus grande partie du massif, il est constitué par les schistes de **Tazekka** surmontés en discordance angulaire, par le complexe volcano-sédimentaire et recoupés par des pointements intrusifs (granites et micro-diorites).

3.3.1 Les schistes de Tazekka :

Les schistes du massif de Tazekka forment de puissantes séries monotones de schistes épimetamorphiques, Hoepffner(1987) les subdivise en deux grands ensembles :

- Un ensemble supérieur : daté d'Ordovicien inférieur (Rauscher et al. 1982). Il occupe la plus grande partie du Nord-Est et du centre du domaine oriental. C'est une série très monotone de schistes vert-olive micacés.
- Un ensemble inférieur : occupant une bande à l'Ouest du domaine oriental, il est constitué par des schistes violets ou lie de vin, attribue au Cambro-Ordovicien.

3.3.2 Complexe volcano-sédimentaire :

Le Carbonifère du massif de Tazekka correspond à une série volcano-sédimentaire qui occupe la partie NE du massif et repose en discordance angulaire sur les schistes de **Tazekka** (Agard et al. 1958 et Hoepffner, 1981) d'âge Ordovicien.

L'âge de ces dépôts serait compris entre le viséen supérieur terminal-namurien A (Marhoumi, 1984 ; Chalot-Prat et Roy Dias, 1985) et le westphalien inférieur (Chalot-Prat et Chalot-Prat, 1987).

4 CADRE STRUCTURAL :

L'étude tectonique et microtectonique réalisée, nous a permis de montrer que le socle paléozoïque et la couverture méso-cénozoïque sont affectés par une tectonique polyphasée responsable de la surrection de la boutonnière de Tazekka et l'installation des structures tectoniques. Celles-ci vont jouer le rôle de pièges structuraux et de métallotectes locaux, qui semblent favoriser l'édification des gisements ou des concentrations minières. Les études géologiques ont permis de définir les événements tectono-miniers suivant :

- La distension NE-SW matérialisée par des failles normales synsédimentaires N130 à N150, avec parfois une composante décrochante senestre au cours de l'Ordovicien moyen-supérieur ;
- La distension NW-SE divisée en épisodes, dont au moins un comportant un axe compressif mineur NE-SW (permutation σ_1 - σ_2) qu'on attribue au Viséo-Namurien, responsable de l'installation des failles normales N30 à N50, synsédimentaires et synvolcaniques, contrôlant la genèse du bassin carbonifère ; (GHARMANE Y., 2021)



- La compression NW-SE à WNW-ESE qu'on attribue au Westphalien-Stéphanien, est synchronique à la mise en place d'une minéralisation constituée de stibine, barytine blanche compacte et en crête, associée aux failles décrochantes dextres N110 à N130, des failles décrochantes senestres N120 à N140 et des structures ductiles constituées par des plis synschisteux N30 à N50 ; (GHARMANE Y., 2021)
- La compression NE-SW qu'on attribue au Stephano-Permien, est synchronique à la mise en place d'une minéralisation plombo-argentifère à gangue quartzeuse blanche laiteuse, barytine rose compacte, barytine blanche en crête et compacte. Celle-ci est associée à des failles décrochantes dextres N10 à N30, des failles décrochantes senestres N50 à N80, des décrochevements senestres N110 à N130 et des structures ductiles constitués par des plis coniques et en genoux N140 à N160 ; (GHARMANE Y., 2021)
- La compression NNW-SSE, qu'on attribue au Permien-Trias inférieur-moyen probable, est responsable de l'installation des failles décrochantes senestres N40 à N60 à composante inverse, des failles décrochantes senestres N10 à N30, des failles décrochantes dextres N130 à N150. Ces structures cassantes sont associées à une minéralisation sulfurée disséminée (PbS, FeS₂) et à gangue quartzeuse ferrifère ; (GHARMANE Y., 2021)
- la distension NW-SE attribuée au Trias supérieur-Lias inférieur, caractérisée par l'installation des failles normales N30 à N50 qui sont associées à une minéralisation de barytine blanche, de barytine rose compacte et blanche en crête et des filonnets métriques de calcédoines et jaspes ;
- la compression NNW-SSE qu'on attribue à un âge post-Bathonien-anté-Barrémien, caractérisée par des structures cassantes matérialisées par des failles décrochantes dextres N140 à N160, des failles décrochantes senestres N00 à N20, des failles inverses et chevauchantes N50 à N80 et des structures ductiles constituées par des plis anticlinaux et synclinaux à axes orientés N60 à N80 à schistosité de plan axial. Cet état de contraintes est synchronique à l'ouverture des chapeaux de fer subméridiens et à la mise en place des minéralisations filoniennes calaminaires associées au fer, galène, pyrrhotites, et stratiforme à hydrozincite et zincocalcite. Celles-ci remplissent parfois des structures de dissolution et de karstification de type MVT ; (GHARMANE Y., 2021)
- La compression NE-SW attribuée à l'Oligocène-Miocène inférieur-moyen, est matérialisée par des failles décrochantes dextres N10 à N30, des failles décrochantes senestres N60 à N80 et des failles chevauchantes N140 à N160 contenant une la calcite spathique blanche ; (GHARMANE Y., 2021)
- La compression WNW-ESE à NW-SE attribuée au Vallésien et/ou Pliocène inférieur, est matérialisée par des failles décrochantes dextres N100 à N120, des failles décrochantes senestres



N150 à N170 et des failles inverses à composante dextre N60 à N80. Cet état de contraintes est synchrone à la mise en place des minéralisations filoniennes à barytine blanche compacte, barytine rose compacte, barytine blanche en crête et une minéralisation manganifère noduleuse et/ou de type MVT. (GHARMANE Y., 2021)

Les modèles établis précisent à chaque fois la relation entre la fracturation et les minéralisations, ce qui permet de guider la recherche des nouvelles structures minéralisées à l'échelle local (massif de Tazekka) et régional (meseta orientale et Moyen Atlas).



5 CADRE MAGMATIQUE ET METAMORPHIQUE :

Le Granite de **Tazekka** est un pluton qui affleure sur une superficie de 1 à 1,5 km à l'Est du **Jbel Tazekka**. Il est auréolé d'une zone réduite d'une dizaine de mètres de cornéennes puis, sans transition, d'une vaste zone de schistes à tourmaline plus ou moins silicifiées et enfin par des schistes tachetés. Localement des indices de wolfram sont connus à l'intérieur ou à proximité de ce pointement.

Au NNE de cette zone dans la région de **Dar Bou Azza** et de **Bou Jaâda**, affleurent des cornéennes qui localement renferment des indices de molybdène (molybdénite) et accessoirement de wolfram (wolframite et scheelite). La présence de ces faciès atteste du prolongement vers le NNE du batholite granitique qui affleure au **Jbel Tazekka** (AUAJJAR J. 2000).

Entre l'auréole à schistes tachetés et les affleurements de cornéennes ainsi qu'au NE de ces derniers apparaissent des corps et filons de microdiorite au contact desquels l'encaissant schisteux ne montre aucun métamorphisme notable. Ces corps ou filons ont une extension latérale de 50 à 100 m et une largeur moyenne de 2 à 10m. Les filons ont des épontes généralement verticales, parallèles et s'orientent suivant trois familles de direction N20-40, N70-80 et N110-130 (AUAJJAR J. 2000).

Nous rattachons ces roches magmatiques du Tazekka à la phase finale de magmatogenèse dans la Meseta Marocaine orientale. Celle-ci est d'âge stéphanien (ou probablement autunien) la mise en place des granitoïdes hercyniens du Maroc s'est faite entre 250 et 330 Ma avec deux épisodes principaux :

- La première allant de 330 à 275 Ma durant lequel, il y a eu mise en place des magmas granodioritiques et de leucogranites;
- La deuxième épisode allant de 275 à 250 Ma durant lequel, l'ascension des granites monzonitiques tardifs et alcalins.

Nous retrouvons les deux épisodes de mise en place des granitoïdes dans les boutonnières hercyniennes du Maroc oriental. La mise en place du granite et de la microdiorite du Tazekka se serait faite durant la première épisode (AUAJJAR J. 2000).

CHAPITRE III : ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOSTATISTIQUE DES MINERALISATIONS DU MASSIF DE TAZEKKA

1 TRAVAUX DE TERRAIN

1.1 CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE

Dans notre travail, nous nous sommes basées sur des études réalisées aux niveaux de la société ATLAS MINING et nous avons participé au programme de cartographie géologique et d'échantillonnage dans la boutonnière de Tazekka.

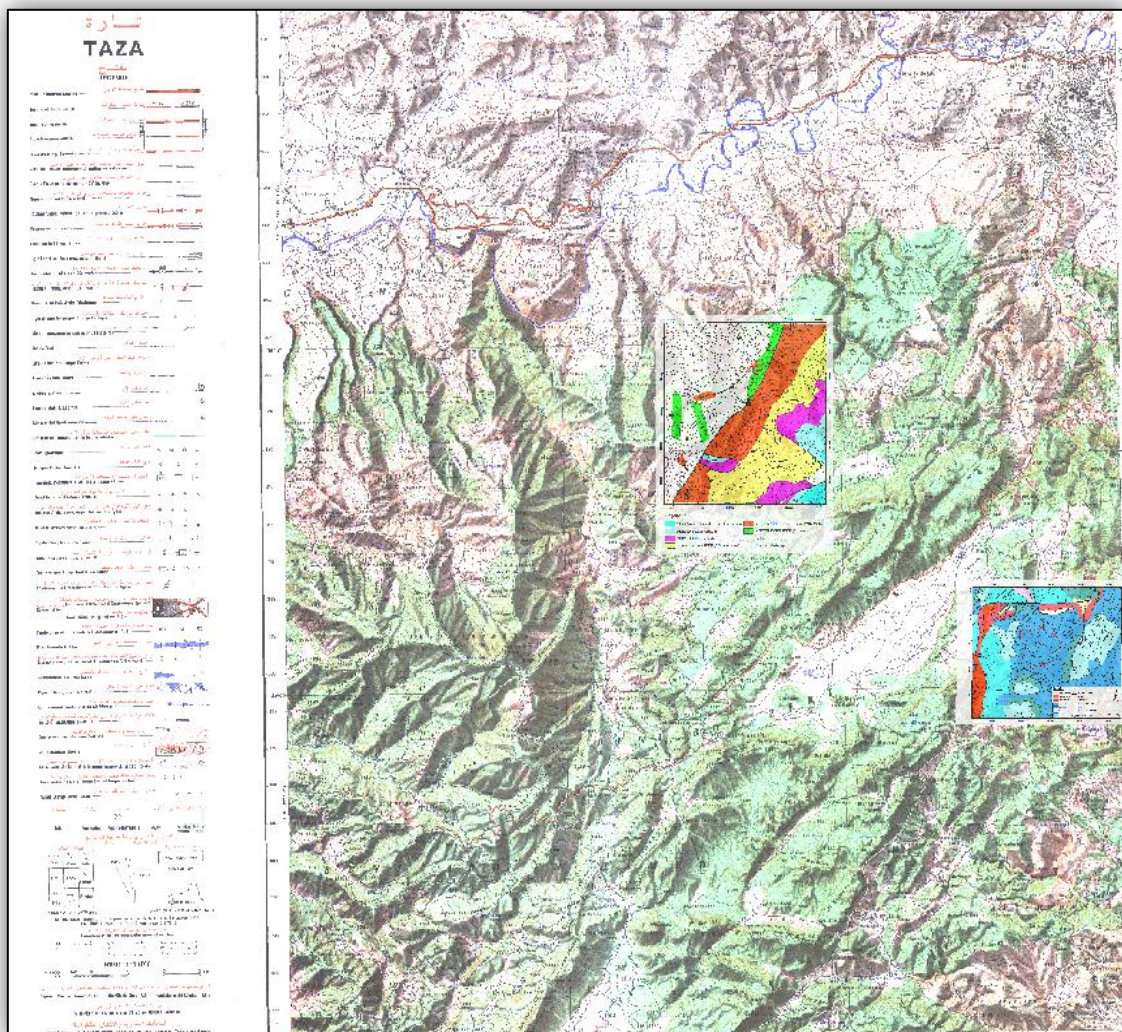


Figure 8 : Carte Topographique de TAZA avec localisation de zones cartographiées (Atlas Mining).

1.1.1 Cadre géographique:

La zone d'étude est située sur le versant NE du massif de Tazekka près de Souk Sebt de Boujaada. Il est accessible par la piste reliant Bab-Mer-zouka à la route secondaire 311 entre Taza et Bab-Bou-Idir.

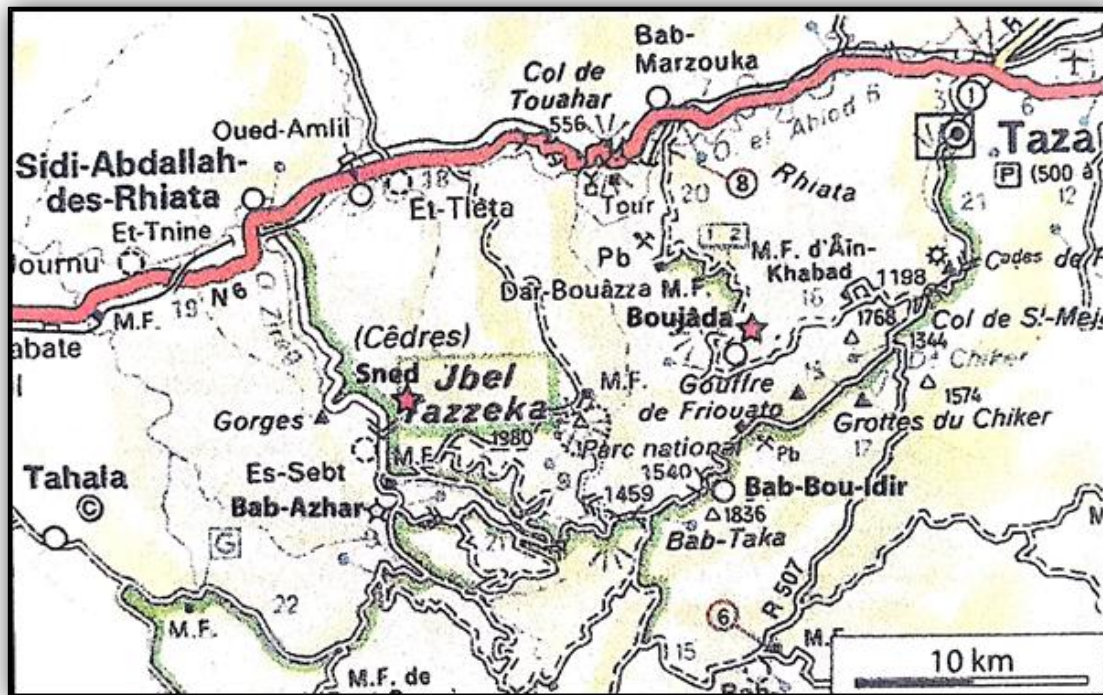


Figure 9 : Localisation de la zone de Bou Jaâda

1.1.2 Cadre géologique:

Le secteur est constitué par les formations suivantes :

- Au Nord-Ouest nous trouvons des schistes verts épimétamorphiques qui sont attribués au Carbonifère d'âge Viséen inférieur avec des laves volcaniques.
- Au centre, se présente un complexe volcanique (rhyolites, dacites, andésites ...) du Viséen Supérieur en contact vertical avec les schistes. Ce contact est marqué par une puissante brèche schisteuse.
- Plus à l'Est sur le complexe volcanique repose un massif de microgranite qui est chronologiquement postérieur au complexe volcanique.

Les dykes et sills qui se trouvent dans les schistes ont un faciès intermédiaire entre les laves et les microgranites.

Après une orogénie hercynienne post-carbonifère et la désintégration des formations conglomératiques et gréseuses rouges du Permien. Les pélites rouges se sont déposés avec une émission de basaltes Permo-Triasiques.

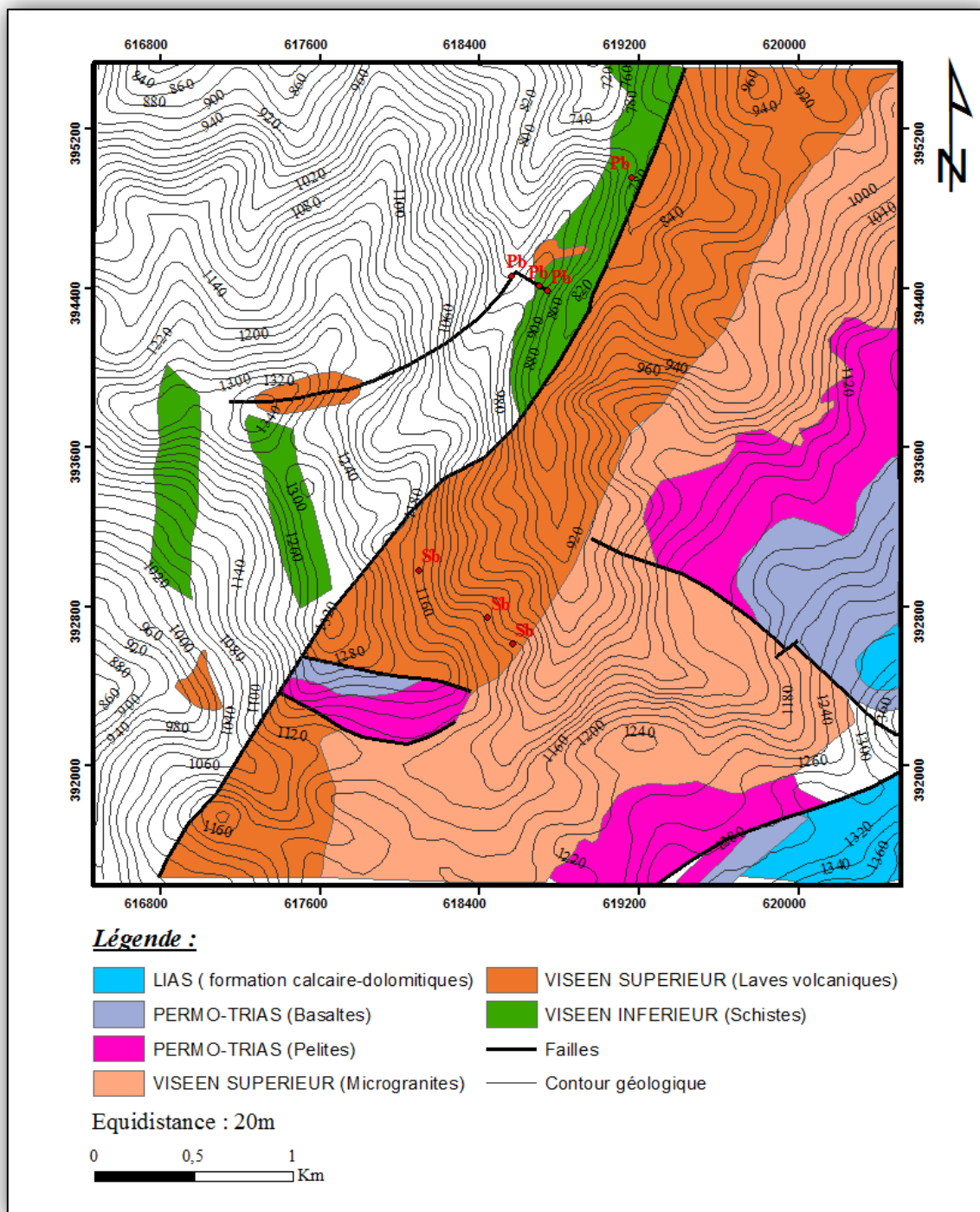


Figure 10 : carte géologique de la zone d'étude (Atlas Mining).

1.2 Etude Géostatistique et Caractéristiques de la minéralisation

Les filons d'antimoine avec une gangue de quartz se localisent dans les formations volcaniques, cette minéralisation suit deux zones brèchiques de direction NW à fort pendage vers le NE.

L'origine de cette minéralisation est un apport hydrothermal acide. La paragenèse des indices est constituée de la stibine, la blende, l'antimoine, le plomb, la pyrite et les minerais de Cu.

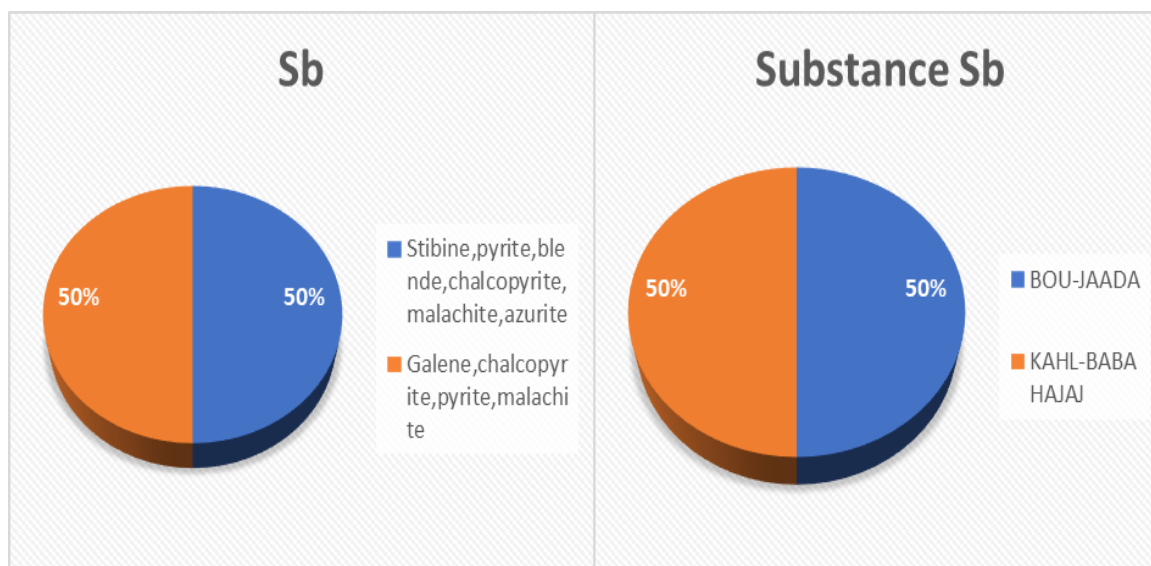


Figure 11 : Données géostatistique sur le minerai d'antimoine

- L'antimoine est de type hydrothermal encaissé dans les formations à schistes et microgranites du Cambrien, on les rencontre généralement associées aux filons NE-SW.

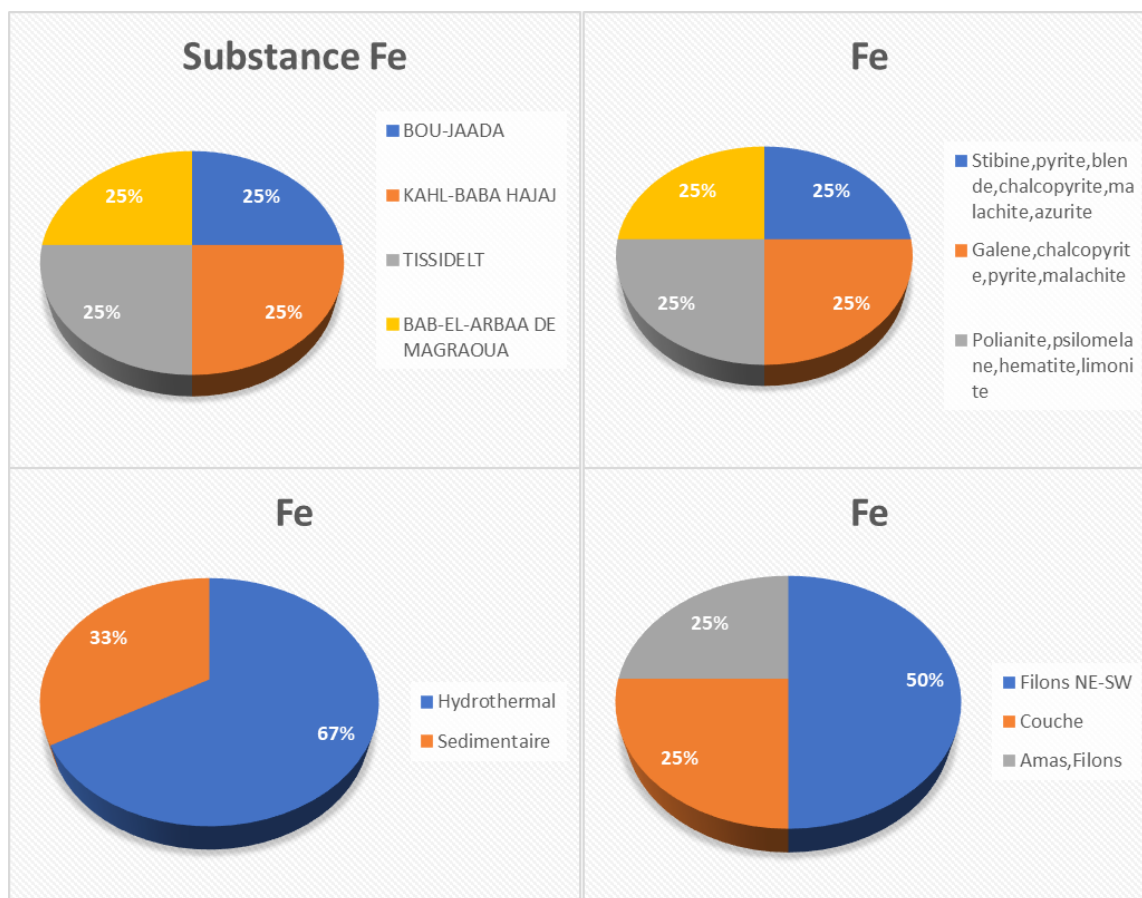


Figure 12: Donnees géostatistique sur le minerai de Fer

Le **fer** se présente dans ce massif en plusieurs formes :

- Le **fer** minéralisé par hydrothermalisme au Filons NE-SW, est associé aux schistes et microgranites Cambrien du socle sous forme de pyrite, chalcopyrite et limonite.
- Le **fer** sédimentaire dans les argiles Ordovicien-Cambrien du socle, est associé aux couches sous forme d'hématite et limonite.
- Le **fer** sous forme d'Amas dans la zone broyée jurassique supérieur de la couverture liasique, se trouve sous forme d'hématite, limonite et goethite.

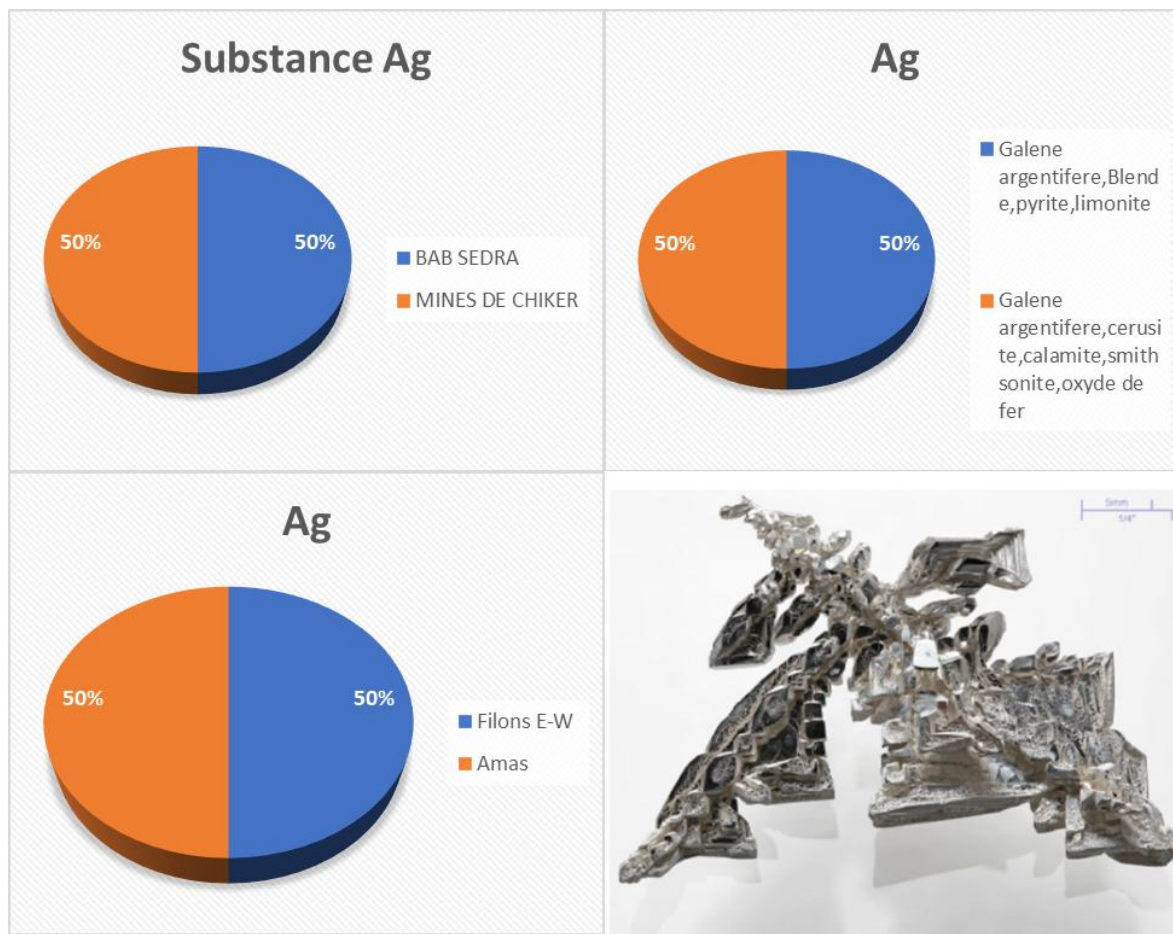


Figure 13: Données géostatistique sur le minerai d'Argent

- L'argent de Tazekka se présente dans la galène argentifère et comme élément trace. Toute association est hydrothermale et localisée au schiste et calcaire, dolomie dans les Filons E-W et au Amas argentifères.

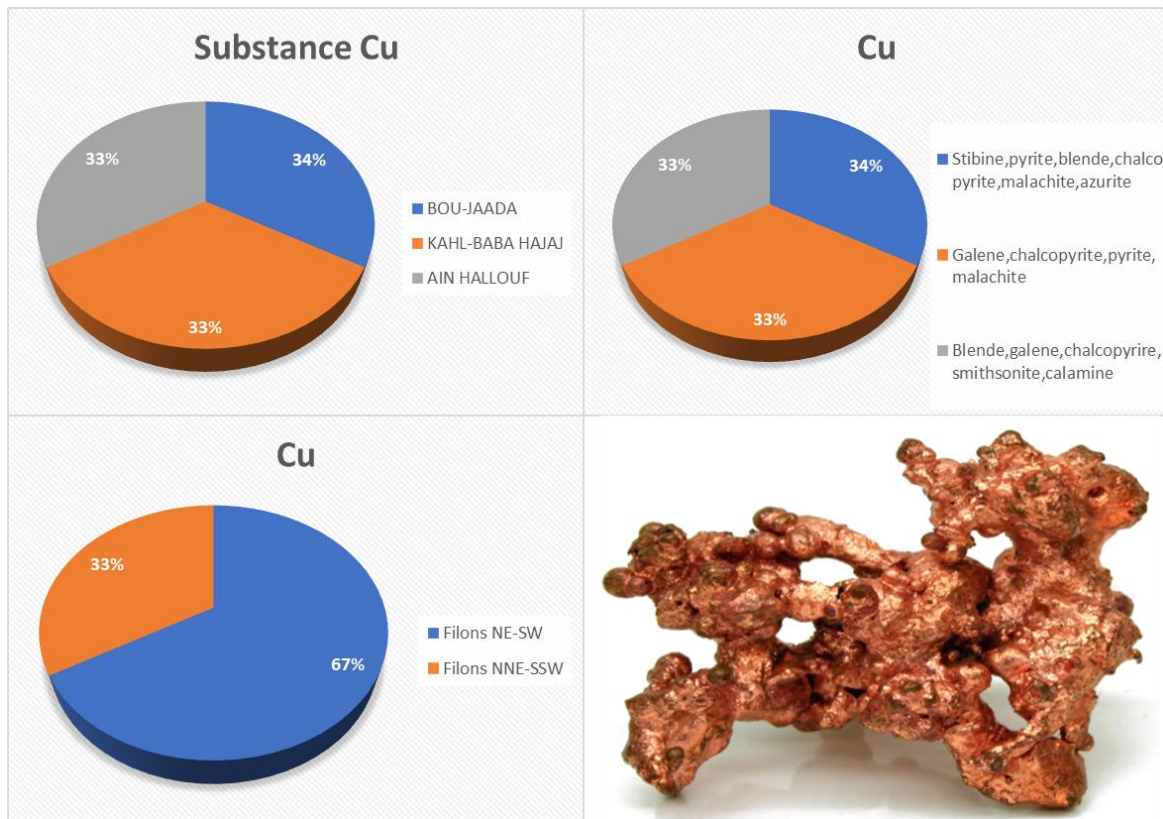


Figure 14: Données géostatistique sur le minerai de Cuivre

- Le cuivre est associé au Filons NE-SW, et NNE-SSW, il est de type hydrothermal dans les microgranites et schistes Cambriens, et les dolomies Ordovicien-Cambrien dans le socle sous forme de chalcopryrite, malachite et azurite.

La minéralisation rencontrée, témoigne deux arrivages de minéralisation, séparées par une intense phase de fracturation :

- La première phase est à Fe -Sb.
- La deuxième étant à Cu-Pb-Zn-Ba.

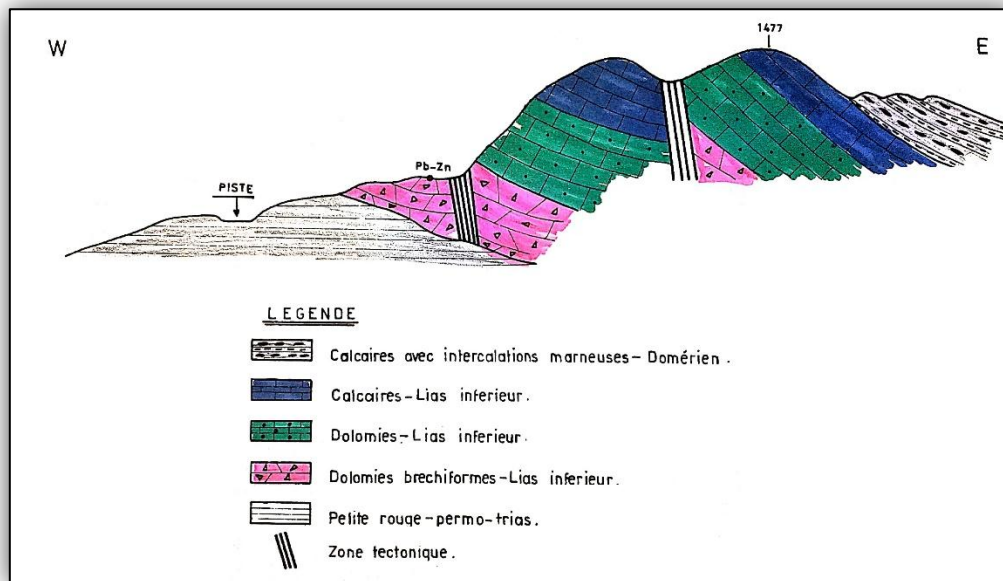


Figure 15 : Coupe géologique de la zone de Bou Jaâda

1.3 ECHANTILLONNAGE

Dans la zone d'étude affleure des formations schisteuses du socle Cambrien ainsi que les formations carbonatées du lias, et des affleurements de trias supérieur en discordance, dans lesquelles plusieurs indices de minéralisation sont encaissés et qui font objet de plusieurs travaux d'exploration et d'exploitation minière (Fig.17).



Figure 16 : Galerie d'exploitation du Pb

La minéralisation à Pb-Ag est associée aux formations dolomitiques grise témoignent avec une activité hydrothermale.

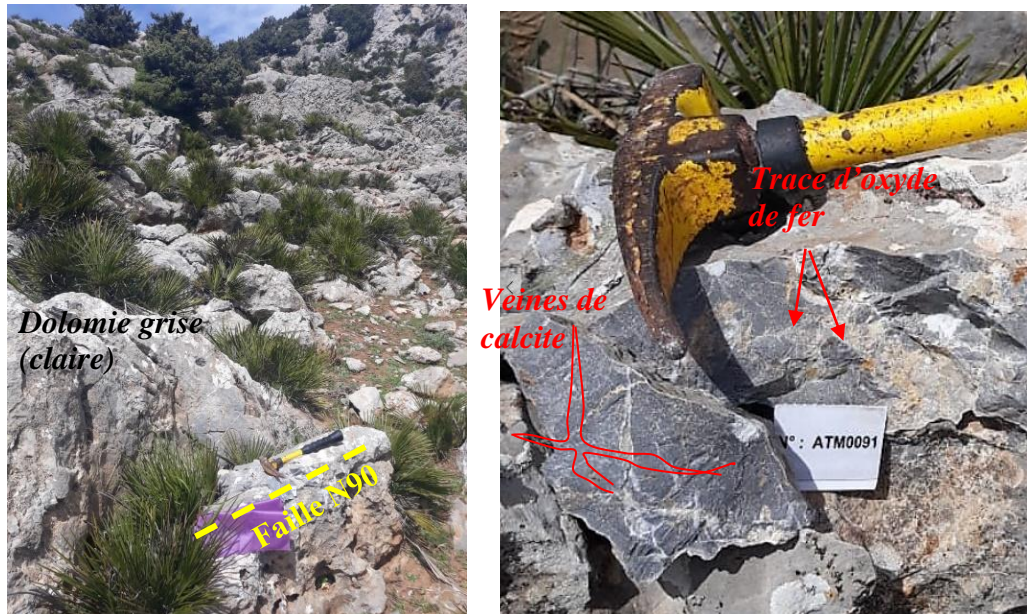


Figure 17 : Dolomie grise avec des oxydes de Fe et Zn.

Les structures brèchiques rencontrées sont liées généralement à l'activité tectonique, elles se localisent à l'intersection des failles ou bien à proximité des failles de direction N40, N80 et N120. Ce sont des brèches à dimension variable dans lesquelles se trouvent des veines à calcite et quartz avec des traces de Fe, et Zn.

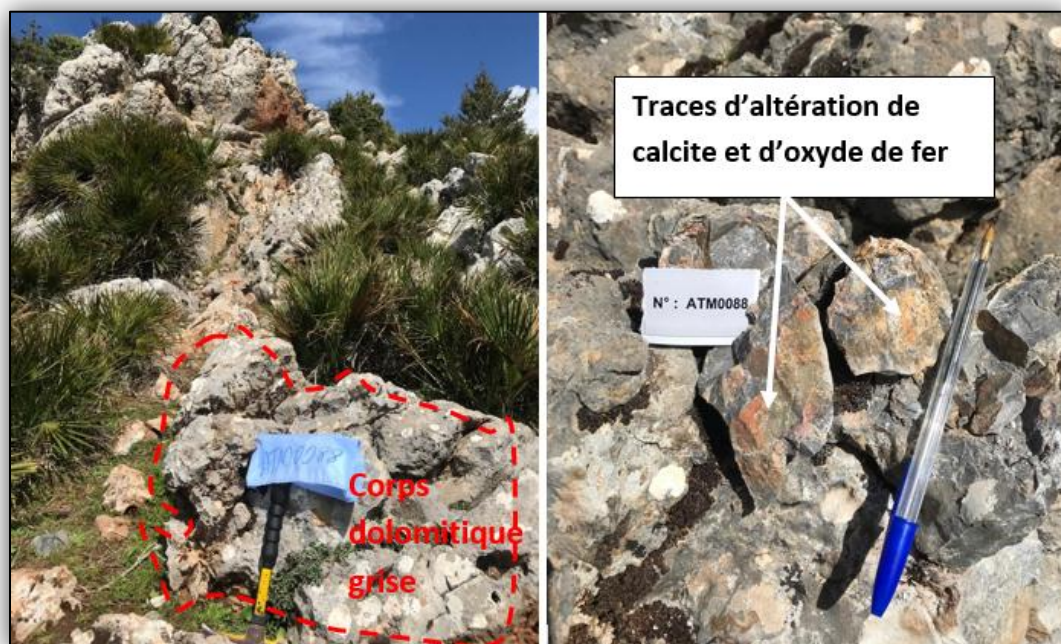


Figure 18 : Dolomie grise portant des traces d'altération et d'activité hydrothermale.

Les observations menées dans cette région nous ont permis de détecter une activité tectonique intense accompagnée d'une altération hydrothermale qui témoigne la présence des oxydes de fer, de Zinc et calcite qui sont généralement liées aux réseaux de faille de direction N60, N80 et N120.



Figure 19: miroir de faille et corps dolomitique fracturée.

Il s'agit d'une dolomie grise foncée fracturée de direction N100, contient des veinules de sulfures. Le corps dolomitique à comme dimension 1m de largeur sur 5m de longueur et on peut retrouver la même structure rochière tout au long de la zone d'étude.



Figure 20 : Brèche dolomitique à élément polygénique rougeâtre avec minéralisation a Zn-Fe.

1.4 ANALYSE GEOCHIMIQUE

La géochimie est l'étude de la répartition des éléments chimiques dans les roches, les minéraux et les gaz terrestres, de leur nature, de leur origine et de leur comportement au cours des phénomènes géologiques.

Les travaux géochimiques ont porté notamment sur l'abondance et le comportement des éléments chimiques, sur leurs associations et les lois qui les régissent dans les différentes géosphères, sur les fluides minéralisateurs, sur la spécificité de la formation des gîtes minéraux dans des conditions géologiques bien déterminées.

1.5 RESULTATS ET INTERPRETATION

Les échantillons prélevés du terrain ont fait objet d'une analyse géochimique pour déterminer les différents constituants de la structure. Les résultats obtenus ont donné des faibles teneurs en Pb, Zn, et Ag ; par contre des teneurs importantes de Sb, pour cela nous n'avons présenté que les résultats d'analyse géochimique de l'antimoine.

Dans la région, 10 échantillons ont été prélevés et analysés les résultats obtenus peuvent être résumés comme suit :



N° de l'échantillon	Teneur en % Sb	Puissance en m de l'échantillon
1	0,5	1,2
2	0,05	1,1
3	0,05	0,5
4	1,3	0,65
5	8	0,4
6	0,4	0,45
7	0,12	0,55
8	0,04	0,9
9	0,03	0,4
10	0,04	0,5

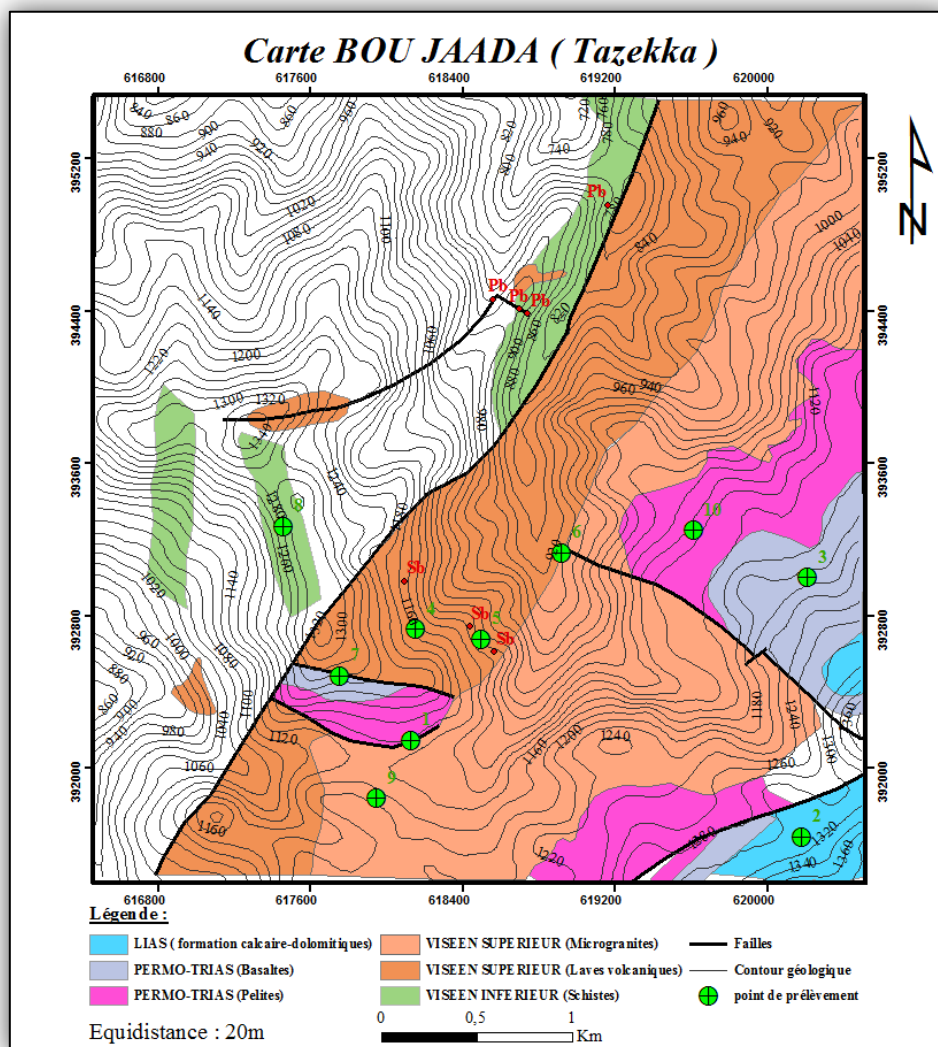


Figure 21 : Carte géologique de Bou Jaada avec pointage des prélèvements (Atlas Mining).



Après la superposition des résultats des analyses géochimiques sur la carte géologique, nous avons aboutis à la carte ci-dessus, dont laquelle la distribution des teneurs de Sb est concentrée près du contact des laves volcaniques avec les microgranites d'Age Viséen Supérieur.

Aussi les failles de direction WNW-ESE et NE-SW jouent un rôle dans la délimitation de la minéralisation d'Antimoine.



CONCLUSION

Le district de Tazekka est l'un des districts miniers où on a la coexistence de minéralisations dans le socle et la couverture Jurassique, Les minéralisations du socle sont liées généralement au granite du Tazekka qui joue le rôle de source de ces minéralisations. La mise en place de ces minéralisations filoniennes se fait en deux phases, la première étant hercynienne (fort probablement Carbonifère) et la seconde post-hercynienne.

Les minéralisations MVT de la couverture liasique se mettent en place en bordure de grabens ou de demi-grabens à cœur Toarcien, structurées lors de la tectonique synsédimentaire liasique, dans le domaine du Causse moyen atlasique.

Les amas minéralisés sont toujours encaissés dans une dolomie saccharoïde à cristalline grise à noire qui comble l'inconformité séparant le sommet du Lias inférieur des formations surincombantes calcaires ou marneuses carixiennes, domériennes ou toarciennes.

La relation géométrique qui existe entre les minéralisations filoniennes du socle et les amas stratiformes de type MVT de la couverture est également génétique.



BIBLIOGRAPHIE

AGARD, J., BALCON, J.M., MORIN, Ph. (1958) : Etude géologique et métallogénique de la région minéralisée du Jbel Aouain (Maroc Central). Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc. 132: 112.

AUAIJAR J. (1987): Les minéralisations Pb-Zn-Cu-Fe-Ba du Lias et du substratum paléozoïque sur la bordure orientale du massif de Tazekka (région de Taza, Maroc oriental. Thèse 3ème Cycle, Univ. P. et M. Curie, Paris.

AUAIJAR J. (2000) : Minéralisation MVT dans la couverture liasique du Tazekka. MEMOIRE DU SERVICE GEOLOGIQUE N°390.

BELHAJ OUMKELTOUM (1994) : Les gisements d'antimoine du massif du Tazekka (Maroc oriental): Minéralogie, fluides hydrothermales et conditions de formation. Notes et mémoires du service géologique (N:375).

CHALOT-PRAT F. & ROY-DIAS C. (1985) : Découverte de plantes d'âge Viséen supérieur-Namurien A dans les volcanoclastites de la base du complexe volcanique du Tazekka (Maroc oriental). Approche paléogéographique. – C.R. Acad. Sci. Paris, 301, série II, n° 11.

COLO G. (1961) : Contribution à l'étude du Jurassique du moyen atlas septentrional. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, n°139.

GHARMANE Youssef - 2021 : Etude de la tectonique cassante, analyse des paléochamps de contraintes hercyniens, tardihercyniens et atlasiques et leurs apports dans la genèse et la géométrie des structures minéralisées dans le socle paléozoïque et la couverture mésozoïque de la boutonnière de Tazekka (Maroc).

GHARMANE Youssef, El FARTATI Mohamed, AMRANI Samir et HINAJE Saïd, (2018) Aperçus stratigraphique et lithologique du socle paléozoïque European Scientific Journal June 2018 édition Vol.14, No.18 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.

HOEPPFNER C. (1977) : Données nouvelles sur le Paléozoïque de la bordure occidentale du massif du Tazekka (Maroc oriental). C.R. Acad. Sci. Paris, 284, D, pp. 1635-1637.

HOEPPFNER C. (1978) : Le massif paléozoïque du Tazekka (Maroc): analyse des déformations liées à un linéament tectonique. Sci. Geol., Bull., 31, 1, pp. 33-44.

HOEPPFNER C. (1981) : Le complexe volcano-sédimentaire d'âge carbonifère dans le massif du Tazekka ; sa place dans l'évolution hercynienne de la Meseta marocaine orientale. Sci.Grol. Bull., 34, 2, pp. 97-106.

HOEPPFNER Ch. (1986) : La tectonique hercynienne dans l'Est du Maroc. Thèse Doctorat d'Etat.



HOEPFFNER C. (1987) : La tectonique hercynienne dans l'est du Maroc. Thèse Docteur des Sciences Naturelles, Strasbourg.

MARHOUMI Mohamed Rachid, 1984 : Etudes palynologiques des séries dinantiennes de la meseta marocaine : conséquences stratigraphiques et structurales / Thèse de 3e cycle en géologie soutenue en 1984 à l'université de Strasbourg 1.

MORIN Ph. (1960) : les ressources minérales du massif du Tazekka et de ses bordures. Mines et Géologie, Rabat n°10.



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

EL OMARI Imane
IMOUGA Yasmine

Année Universitaire : 2020/2021

Titre : Etude Géologique des indices miniers de la boutonnière de TAZEKKA

Résumé

Le massif du Tazekka, structuré par l'orogénèse hercynienne (Maroc oriental), contient des minéralisations de nature variée (Sb, As, Pb, Zn, Cu, W, Mo, Bi, ...).

Le socle paléozoïque et les roches carbonatées du Jurassique du district de Tazekka à l'Est du Maroc abritent de nombreux gisements de Pb-Zn (Cu), Ba, Sb, ...).

Les minéralisations d'antimoine se localisent dans les gites de Sned et de Boujaada. Le gite du Sned est encaissé dans les schistes du Tazekka (Ordovicien inférieur). Celui de Boujaada Nord est dans des brèches andésitiques du viséen supérieur-namurien.

Les veines de sphalérite, de galène, de pyrite et de chalcopryrite, ainsi que des stocks de quartz et de barytine sont présents dans les schistes de l'Ordovicien inférieur, dans un complexe volcano-sédimentaire Viséen-Namurien supérieur et dans le granite de Tazekka. La séquence de la plateforme carbonatée Jurassique sus-jacente contient des gisements stratiformes de sulfures de Pb-Zn situés au-dessus d'une discordance entre les couches inférieures et supérieures.

Mots clés : Etude géologique, géostatistique, minéralisation, Tazekka,