

## Role of the Chronology of the Tectonic Phases in the Distribution of Hydrothermal Mineralizations in the Mining District of Tazekka (Morocco)

Youssef Gharmane\*, Saïd Hinaje, Samir Amrani & Mohamed El Fartati & Driss Yaagoub

\*Université Sidi Mohamed Ben Abdallah, Faculté des Sciences et Techniques, Département de géologie, Fès, Maroc.

\*Corresponding author: Youssef Gharmane

### ABSTRACT

The tectonic and microtectonic study that we carried out in the Tazekka massif allowed us to highlight on the one hand the chronology of the paleostress of constraints, and on the other hand their relations with the mineralizing phases. Thus, the paleostress of constraints begin with an extensive N30 to N50 period of middle-upper ordovician age, and NW-SE of viséo-namurien age. They are characterized by normal synsedimentary faults successively oriented N120 to N150 and N30 to N50. The tectonic regime becomes compressive orientated NW-SE to Westphalian-Stephanian, synchronous with hydrothermal vein mineralization (Sb, iron SiO<sub>2</sub>) localized on sinistral strike slip faults N170 to N00. The state of constraints becomes compressive with the axis  $\sigma_1$  horizontal and oriented NNW-SSE and the axis  $\sigma_2$  is also horizontal and oriented ENE-WSW of stephanian age, permian with triassic lower-middle probable, with permutation  $\sigma_1$ - $\sigma_2$  with Stéphanien-Permian. This stress field is synchronous with a low temperature hydrothermal vein mineralization (PbS, FeS<sub>2</sub>, CuFeS<sub>2</sub>, BaSO<sub>4</sub>, Pb- (Ag), SiO<sub>2</sub>) successively located on N150 to N160 dextral strike slip faults with sometimes a reverse composing; and strike-thrust sinistral N10 to N40. However, at each saccadic of the game mineralization of the base undergo remobilization and recrystallization; the most important of which is the Triassic, post-Bathonian and ante-Barremian age and the Vallesian, characterized by barytic and lead-zinciferous mineralizations that settle in the discordant Triassic-Liassic cover.

**Keywords:** Constraint, Mineralization, Morocco, Tectonic, Tazekka.

Date Of Submission: 05-06-2019

Date Of Acceptance: 20-06-2019

### I. INTRODUCTION

Le massif hercynien de Tazekka, a fait l'objet de nombreuses études d'intérêt minier [1, 2, 3, 4]. Mais aucune n'a abordé la chronologie des phases tectoniques cassantes et sa relation avec les minéralisations. Des études récentes montrent le rôle important de la fracturation dans la répartition des corps minéralisés [5, 6, 7, 8, 9]. Le massif de Tazekka appartenant à la meseta orientale, est limité au Nord par le couloir sud rifain, à l'Ouest par le Moyen Atlas tabulaire, au Sud et l'Est par le Moyen Atlas plissé, subdivisé par Ch. Hoepffner (1987) en trois branches (Fig. 1, B). Les secteurs d'études sont localisés respectivement dans les deux branches occidentale et orientale (Fig. 1, B). En effet ces minéralisations de socle paléozoïque du massif hercynien de Tazekka, sont généralement de natures filoniennes hydrothermales, contrôlées par des fractures qui ont guidé et joué le rôle de

pièges structuraux. Les objectifs visés par cette note sont : (I) mettre en évidence les phases tectoniques synsédimentaires et syn-volcaniques d'âge ordovicien moyen-supérieur et viséen supérieur-namurien, (II) présenter la relation entre la fracturation et la mise en place des minéralisations dans le socle paléozoïque, (III) déterminer les différentes phases tectoniques qui ont structuré la boutonnière de Tazekka. Ainsi, la chronologie des jeux de failles est basée sur la superposition des stries sur les plans de failles, les jeux incompatibles des failles parallèles, les recoupements des plans, l'âge des formations et sur la comparaison avec les travaux des prédécesseurs. Le traitement des mesures de terrain recueillies et la reconstitution des états de paléocontraintes a été effectué automatiquement par la méthode Inversion Directe « INVDIR » [10, 11, 12].

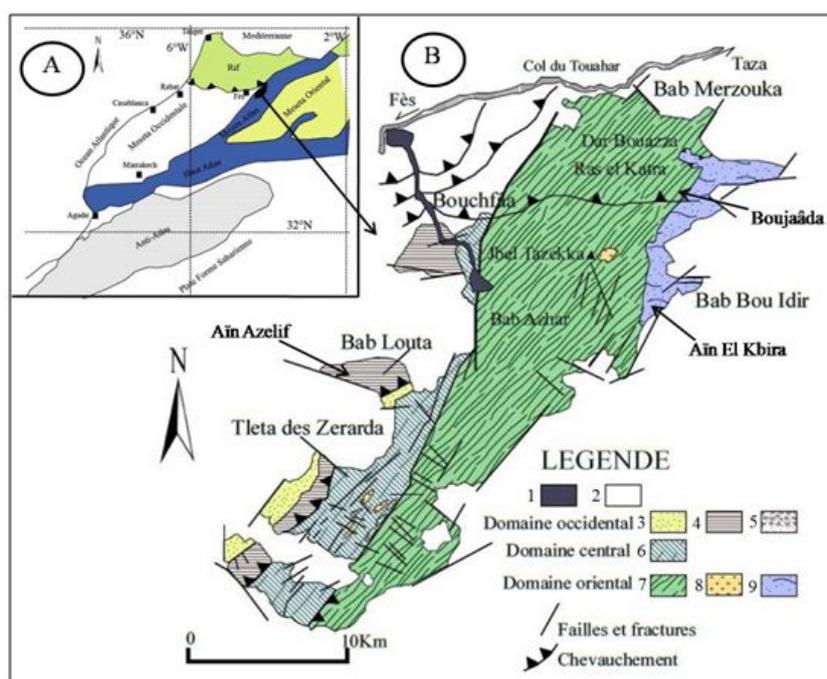


Figure 1. (A) Schéma de situation. (B) Carte géologique schématique de la boutonnière de Tazekka (d'après Hoepffner, 1978 ; modifiée).

1-Volcanisme quaternaire ; 2- Couverture post-hercynienne ; 3-Formations détritiques : Ordovicien inférieur et Silurien-Dévonien ; 4- Quartzites et schistes : Ordovicien supérieur ; 5- microdiorite ; 6- Schistes vert olive à niveau quartzitiques : Ordovicien inférieur ; 7- Schistes de Tazekka : Cambro-Ordovicien ; 8- Granite du Tazekka ; 9-Complexe volcano-sédimentaire : Viséen supérieur-Namurien.

## II. APERÇU

### LITHOSTRATIGRAPHIQUE

Les minéralisations hydrothermales de socle hercynien de Tazekka sont encaissées globalement dans des séries sédimentaires et volcaniques qui correspondent successivement aux formations suivantes :

- les formations des schistes vert-olive d'âge ordovicien inférieur (Arénigien- Llanvirnien) [13], et d'âge ordovicien moyen-supérieur constituées essentiellement de grès micacés lenticulaires, pélites micacées à niveaux centimétriques de grès bioturbés [14]. Ces dernières interprétées comme des dépôts turbiditiques [15, 16, 17, 18], sont surmontées par des quartzites rouges-violacés ;
- les formations quartzitiques sont surmontées par des dépôts d'argilites noires, de schistes gréseux gris à débit en plaquettes et des bancs centimétriques de phanites noires à cassures écaillues à minces lits d'argilites noires bioturbés, d'âge llandovery moyen [14, 19] ;
- les formations volcano-clastiques formées de produits pyroclastiques, épyclastiques et des coulées de laves calco-alcalines à intermédiaires, d'âge viséen supérieur-namurien A [20, 21] ;
- les dépôts triasiques discordants, formés successivement de bas en haut de microconglomérats rougeâtres et des grès violacés à beiges. Ceux-ci sont surmontés par deux séries

d'argilites rouges séparées par un complexe basaltique doléritique [22, 23, 24] ;

- les dépôts d'âge lias inférieur constitués particulièrement par des dolomies bréchiformes [23, 25].

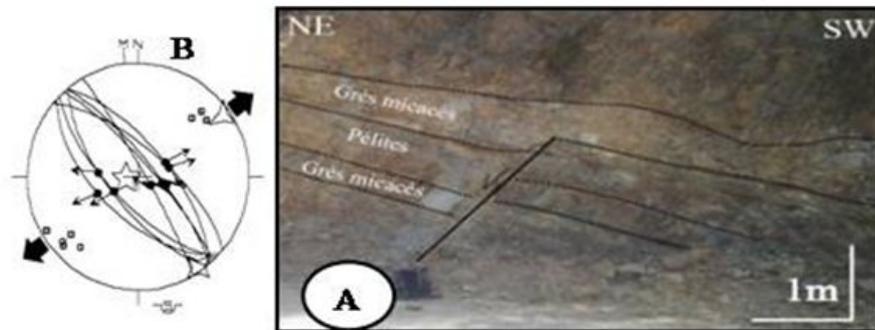
### III. ANALYSE MICROTTECTONIQUE ET ETAT DES CONTRAINTES

#### 1.1. Tectonique synsédimentaire d'âge ordovicien moyen-supérieur et carbonifère

Les dépôts d'âge ordovicien moyen-supérieur situé dans la partie occidentale du massif de Tazekka sont affectés par des failles normales synsédimentaires cachetées (Fig. 2. A). Celles-ci sont orientées N120 à N150. Près de ces failles, les dépôts d'âge ordovicien moyen-supérieur, renferment des blocs résédimentés de grès micacés jaunes provenant généralement de l'érosion des reliefs avoisinant. Egalement ces dépôts montrent des flexures-failles reflétant une activité tectonique synsédimentaire intense. Les directions et les pendages des failles synsédimentaires sont déterminés après basculement de la stratification  $S_0$  à l'horizontale. Cela nous a permis la reconstruction du paléochamp de contraintes à cette époque, qui est caractérisé par une contrainte minimale  $\sigma_3$  horizontale et orientée N55 associée à une contrainte maximale  $\sigma_1$  verticale (Fig. 2. B). Ce

paléochamp de contraintes est d'âge ordovicien moyen-supérieur. Le rapport de forme calculé  $\phi = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3) = 0.52$  ; c'est-à-dire que la valeur de  $\sigma_2$  est proche de celle du rapport  $(\sigma_1 + \sigma_3) / 2$ . Ce contexte cinématique est favorable à la formation

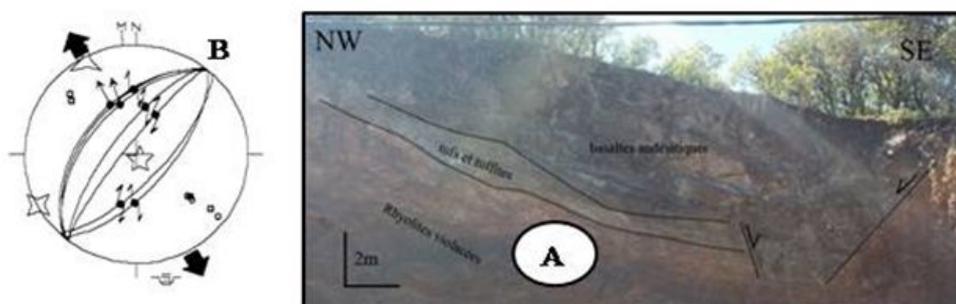
des failles normales cachetées N120 à N150 ; matérialisées sur le terrain par des flexures-failles dans les alternances grés-pélites et des crochons de failles dans les grés micacés.



**Figure 2.** (A) Exemple de faille synsédimentaire affectant les alternances des grés micacés et les pélites d'âge ordovicien supérieur. (B) Stéréogramme des failles normales synsédimentaires après basculement de  $S_0$  à l'horizontale.

Au niveau de la branche orientale de Tazekka, exactement au Sud du gîte de Boujaâda (Est de Tazekka voir Fig. 1. B), les faciès du complexe volcano-sédimentaire d'âge viséen supérieur-namurien A [20, 21], ont enregistré une tectonique distensive. Celle-ci est matérialisée par des failles normales synvolcaniques et synsédimentaires (scellées) orientées N30 à N50, formant des structures en grabens et héli-grabens à remplissages pyroclastiques (tufs et tuffites) et d'épanchements laviques (basaltes andésitiques) (Fig. 3. A). Dans la partie médiane du bassin, ces remplissages sont marqués par de vastes

épanchements d'ignimbrites rhyolitiques caractérisés par des discordances progressives. Ces dépôts sont affectés par des failles normales N30 à N50, présentant parfois une composante décrochante dextre, dont les miroirs montrent des éléments striateurs intacts. Les mesures microtectoniques que nous avons effectué, nous ont permis de mettre en évidence un paléochamp de contraintes extensif NW-SE à WNW-ESE ( $\sigma_1$  verticale) (Fig. 3. B), ainsi qu'un rapport de forme  $\phi = 0.68$ . Cette extension est d'âge viséen supérieur-Namurien A.



**Figure 3.** (A) Graben à remplissage de laves basalto-andésitiques et produits pyroclastiques (tufs et tuffites). (B) Stéréogramme des failles normales synvolcaniques après basculement de  $S_0$  à l'horizontale.

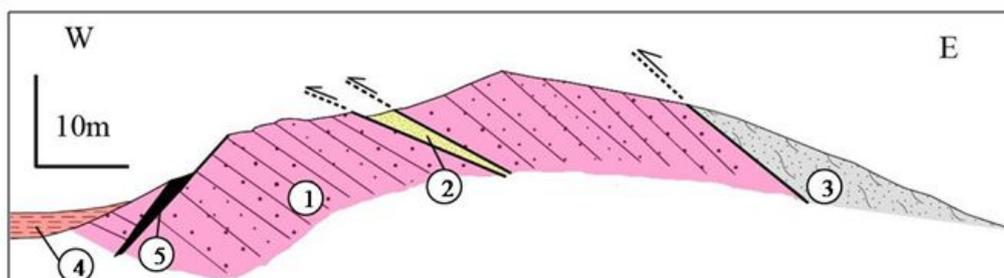
### 3.2. Analyse microtectonique et gîtologique 3.2.1. Secteur de Aïn Azelif (voir fig. 1)

Le secteur de Aïn Azelif appartenant à la branche occidentale du massif de Tazekka, est constitué de bancs métriques de quartzites rouges-violacés d'âge ordovicien moyen [14] et des alternances de schistes gréseux en plaquettes avec des phanites noires d'âge llandovery moyen. Ces

dernières fonctionnent comme des niveaux de décollement [14, 19, 26]. A notre avis, ces niveaux correspondent à des paliers avec ou sans rampes responsables de l'intercalation des grés micacés d'âge ordovicien supérieur au milieu des quartzites rouges violacés d'âge ordovicien moyen (Fig. 4). Ainsi les couches de quartzite sont affectées par des failles de direction moyenne N140 dont quelques-

unes contiennent une minéralisation plombo-argentifère à gangue quartzeuse blanche laiteuse. Celle-ci montre des stries avec des liserés d'argiles rouges ferrifères à l'intérieur des lentilles minéralisés (Fig. 5. 1). Ces dernières sont

recouvertes par une deuxième minéralisation ferrifère rouge et lenticulaire. L'ensemble est affecté par des failles tardives N20 à N50 à jeux normaux qui provoquent un effondrement vers le NW.

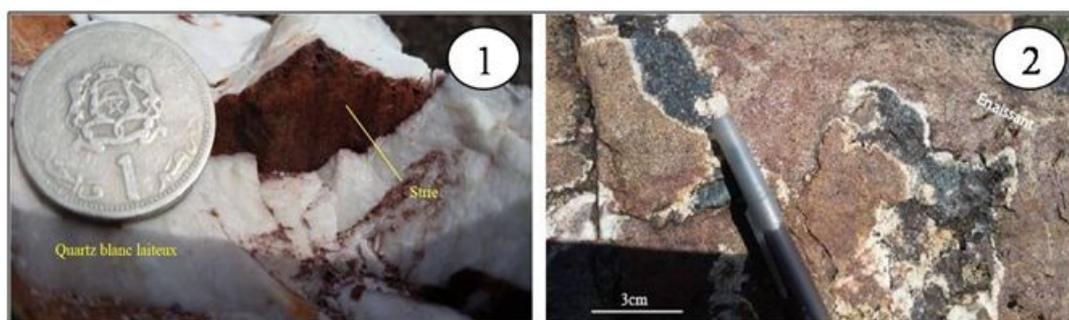


**Figure 4.** Coupe structurale montrant l'intercalation de lambeau de grés micacés (Ordovicien supérieur) (2) au milieu des bancs de quartzites rouges-violacés (Ordovicien moyen) (1), 3- schistes gréseux gris (Llandovery moyen), 4- argilites rouges (Trias supérieur), 5- minéralisation noduleuses ferrifères rouges (hématites).

Les analyses microtectoniques et le traitement automatique des mesures, nous ont permis de mettre en évidence les événements tectono-miniers ci-dessous (Fig. 6).

- La compression ENE-WSW enregistrée essentiellement dans les dépôts de l'Ordovicien moyen-supérieur, est représentée par des failles N150 à N160 à jeux décrochantes dextres avec parfois une composante inverse, renfermant un quartz blanc laiteux à minéralisation plombo-argentifère (Fig. 5. 2). Ces failles n'affectent pas la couverture méso-cénozoïque voisine. Elle est responsable de l'ouverture des fentes de tension à quartz blanc laiteux, rectilignes et sub-parallèles, orientées ENE-WSW au sein des quartzitiques rouges-violacés. Elle est responsable aussi de la formation d'écaillés tectoniques matérialisées par la duplication des bancs de grés micacés d'âge ordovicien moyen-supérieur (voir Fig. 4). Le paléochamp de contraintes responsable de ces structures est caractérisé par un axe de contrainte maximale  $\sigma_1$  horizontale et orienté ENE-WSW ( $\sigma_3$  verticale) (Fig. 6. A). Ainsi les fentes de tension rectilignes à quartz fibreux blanc laiteux, de direction moyenne N50 ; sont parallèles à la contrainte maximale  $\sigma_1$  conduisant à un tenseur de contraintes similaires (Fig. 6, B) [27, 28]. Cet état de contraintes compressif donne naissance à des failles décrochantes dextres orientées N150 à N160 avec parfois une composante inverse. Le rapport  $\phi = 0.93$  indique que  $\sigma_1 \approx \sigma_2$ , c'est-à-dire que la compression N50 à N70 peut être associée à une compression NNW-SSE constituant un épisode tectonique de cette phase. Les microconglomérats de base d'âge trias supérieur reposant en discordance sur la série paléozoïque, contiennent

des éléments de quartz remaniés, provenant de ces fentes de tension. Ceci témoignerait de l'existence au moins d'une phase hydrothermale anté-triasique, et du démantèlement au Trias supérieur des zones avoisinantes aux filons de quartz blanc laiteux. Ch. Hoepffner (1994) confirme que Tazekka, Bsabis et Azrou-Khénifra, ont subi la même structuration intraviséenne. L'âge que nous proposons à cet épisode compressif est Stéphanien-Permien, voir même Trias inférieur-moyen ; par analogie avec les résultats obtenus dans la branche occidentale du massif de Tazekka [19], dans le bassin d'Azrou-Khénifra [29, 30], le district de Tighza [32, 33]. Pour d'autres auteurs, cet état de contraintes est anté-Permien supérieur au Maroc central [8], post-Westphalien C à la meseta orientale [34, 35, 36] et Permien moyen au Haut atlas occidental [37]. L'activité hydrothermale à l'origine de la minéralisation plombo-argentifère à gangue quartzeuse blanche laiteuse, peut-être rattacher au magmatisme acide filonien tardi-hercynien signalé par L. Amaouain (1991) au SE de la boutonnière à Bab Louta. L'épisode ductile de cette phase compressive ENE-WSW, est caractérisé par des plis métriques isopaques et concentriques au sein des phtanites noires à interlits d'argilites noires bioturbées d'âge siluro-lochkovien. Les axes de ces plis sont orientés N170 à N150 avec des plongements faibles vers le Nord. Ils ont des flancs courts et longs épaissis et striés, liés aux glissements bancs sur bancs (ripage) est montrant un remplissage synchrone de quartz blanc laiteux.

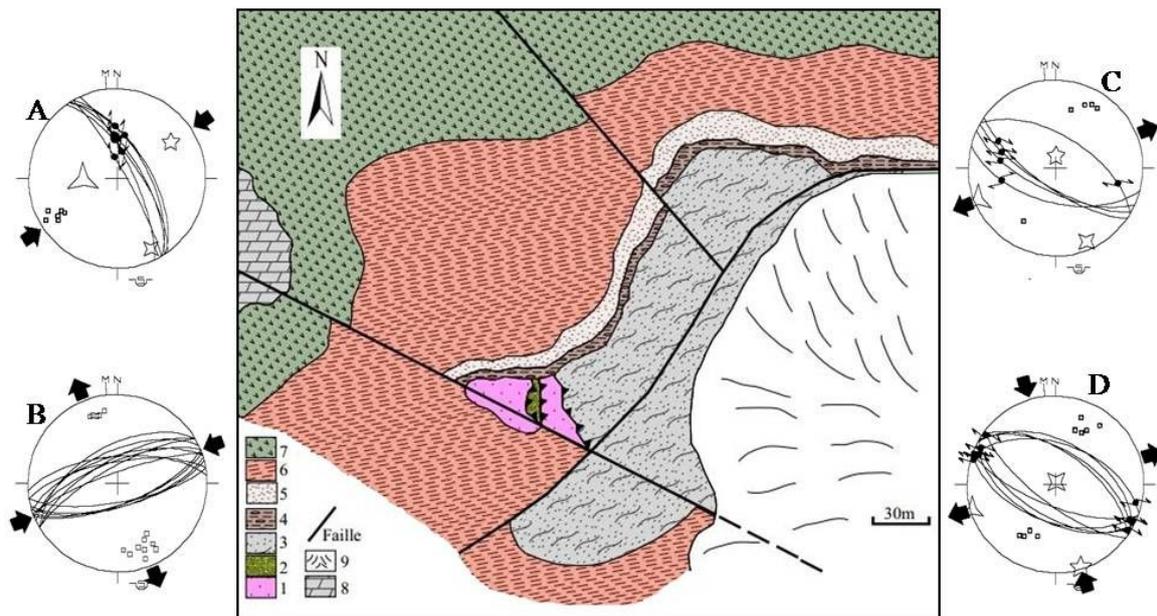


**Figure 5.** (1) Stries synchrones avec les minéralisations quartzzeuses blanches laiteuses à liserés d'argiles rouges ferrifères. (2) Minéralisation plombo-argentifère à gangue quartzzeuse blanche laiteuse au sein des quartzites rouges-violacés d'âge Ordovicien moyen.

- L'extension ENE-WSW matérialisée par des failles décrochantes dextres à composante normale N140 à N160. Les jeux de ces failles sont synchrones avec une minéralisation noduleuses ferrifères rouges (hématites) mélangée avec de l'argile de décalcification, une bréchification du quartz blanc laiteux et le dépôt des quartzites rouges-violacés. Le traitement automatique de ces failles donne un axe de contrainte minimale  $\sigma_3$  horizontale orientée N70 ( $\sigma_1$  verticale) (Fig, 6, C). L'âge de cette épisode tectonique est post-Permien et anté-Trias supérieur; d'après la chronologie établie grâce au critère de superposition des générations de stries sur un même plan de faille (3 types de stries) et les âges donnés par nos prédécesseurs. Le rapport de forme  $\phi = 0.82$  indique que  $\sigma_1 \approx \sigma_2$ ; c'est-à-dire que l'extension N60 à N80 peut être associée à une compression N150 à N170. Ainsi les failles normales subméridiennes peuvent être synchrones avec des décrochements dextres NW-SE et des décrochements senestres NNE-SSW à NE-SW.

Les failles N140 à N160 minéralisées en plomb/argent et hématite, enregistrent des déformations postérieures matérialisées par des stries affectant les épontes des lentilles minéralisées et bréchifiant parfois les minéralisations. La

chronologie relative est établie à partir de la superposition des stries et les recoupements des plans de failles. Le traitement automatique des mesures microtectoniques nous a permis de mettre en évidence la compression NNW-SSE responsable du jeu dextre des failles décrochantes N140 à N160 avec une faible composante inverse. Ces failles se prolongent latéralement jusqu'à la couverture liasique où elles provoquent le broyage des dolomies du Lias inférieur. Le traitement de ces failles nous donne un paléochamp de contraintes compressif tel que l'axe de la contrainte maximale  $\sigma_1$  est horizontal et orienté NNW-SSE, associé à une contrainte minimale  $\sigma_3$  aussi horizontale et orientée ENE-WSW (Fig, 6, D). Le rapport de forme  $\phi = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3) = 0.62$ ; c'est-à-dire que la valeur de  $\sigma_2$  est compris entre celle de  $\sigma_1$  et celle du rapport  $(\sigma_1 + \sigma_3) / 2$ . L'âge de cette phase tectonique est attribué au post-Bathonien et anté-Barrémien par analogie avec les résultats obtenus au Moyen atlas, Saïs et la Haute Moulouya [38, 39]. En effet, sous ce régime compressif NNW-SSE apparaît un système tectonique en palier-rampe sur failles chevauchantes et inverses N50 à N80 au sein des dolomies d'âge lotharingien et des calcaires oolitiques d'âge domérien [23, 25] dans la zone de Bouchfâa au NE de Aïn Azelif [40, 41].



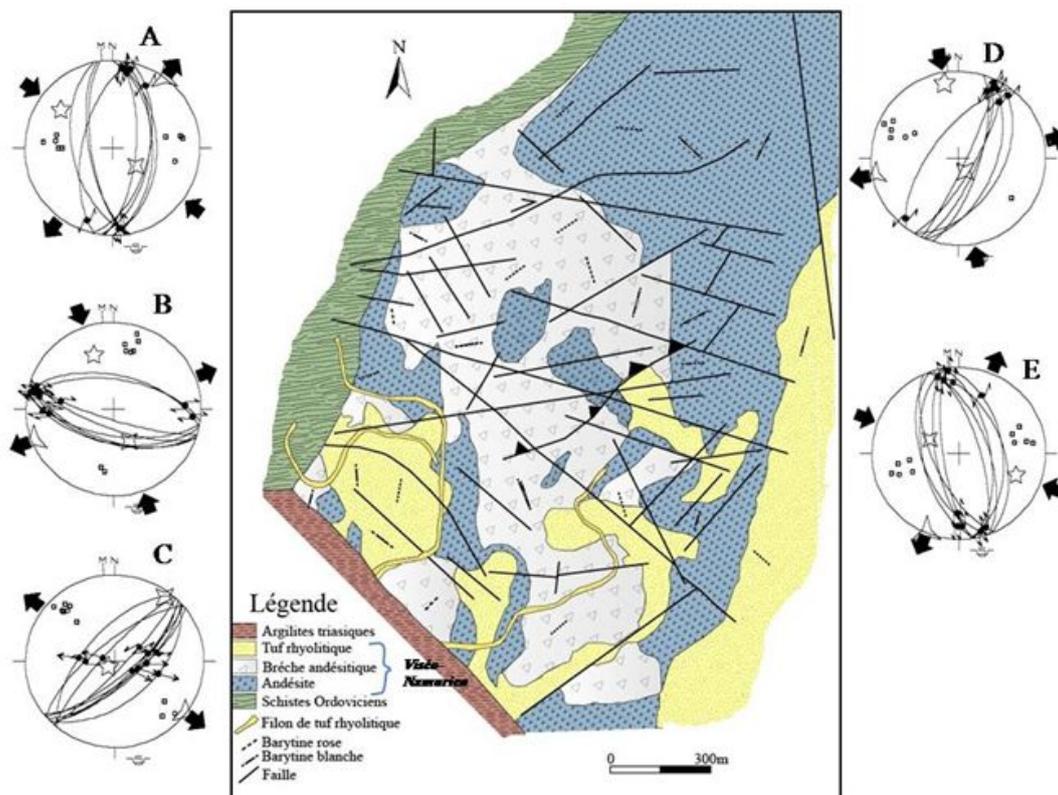
**Figure 6.** Carte géologique de secteur de Ain Azelif et stéréogrammes des épisodes tectoniques équivalents. 1- quartzites rouges-violacés (Ordovicien moyen), 2- grès micacés (Ordovicien supérieur), 3- schistes gréseux gris (Llandovery moyen), 4- conglomérats (Trias supérieur), 5- grès beiges (Trias supérieur), 6- argilites rouges (Trias supérieur), 7- dolérites altérées (Trias supérieur), 8- dolomies bréchiqes (Lias inférieur), 9- éboulis (Quaternaire). (Flèche centrifuge : extension ; flèche centripète : compression ; étoiles à 3, 4 et 5 branches représentent respectivement les contraintes  $\sigma_3$ ,  $\sigma_2$  et  $\sigma_1$ ; MN : Nord magnétique et Nord géographique (diagramme de schmidt, hémisphère inférieure)).

### 3.2.2. Secteur de Boujaâda (voir Fig. 1)

Le gîte minier de Boujaâda appartenant à la branche orientale du massif de Tazekka (voir Fig. 1. B) est localisé à l'extrémité NE du massif granitique. Les roches qui affleurent correspondent généralement à des andésites, des brèches andésitiques et de vastes épanchements d'ignimbrites rhyolitiques d'âge viséen supérieur-namurien A [20, 21]. Ces faciès volcaniques sont affectés par des failles de différentes directions NW-SE, NE-SW, N-S et E-W (fig. 7). La distribution de la minéralisation est guidée par des

contrôles structuraux observables à différentes échelles. En effet, les filons minéralisés de forme lenticulaire, représentent le type de remplissage hydrothermale le plus répandu, encaissé globalement dans les faciès andésitiques et les brèches andésitiques.

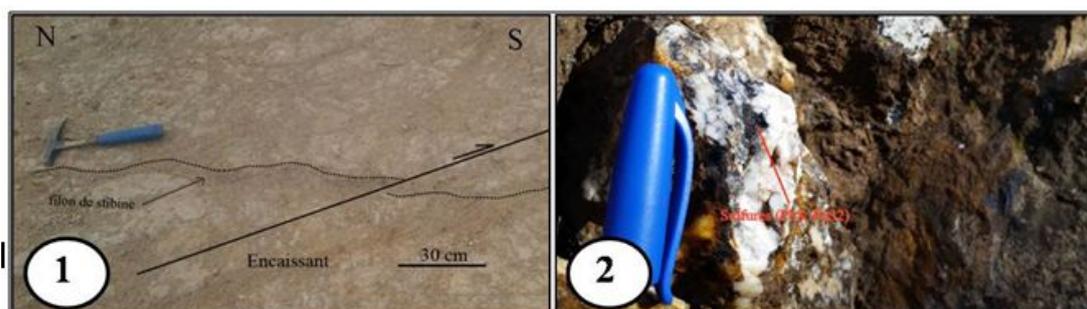
Les analyses des déformations tectoniques et des remplissages minéralisés, que nous avons effectuées, nous ont permis de mettre en évidence les phases tectoniques suivantes (Fig. 7):



**Figure 7.** Carte géologique simplifiée du gîte de Boujaâda (d'après Pothérat, 1987 ; Essamawal, 1999 ; modifiée) et stéréogrammes des épisodes tectoniques enregistrés dans la zone.

- la compression NW-SE à WNW-ESE donne naissance à des failles décrochantes senestres N140 à N170, synchrones avec une minéralisation en stibines (Fig. 8, 1), quartz ferrifère et barytine blanche en crête type I. Ces failles affectent les schistes silicifiés d'âge ordovicien inférieur de Ras-El-Katra à l'Est et les faciès volcaniques d'âge viséen supérieur-namurien A du gîte de Boujaâda (voir Fig. 1. B). Le paléochamp de contraintes est caractérisé par une contrainte maximale  $\sigma_1$  horizontale et orientée N120 à N150 associée à une contrainte minimale  $\sigma_3$  horizontale et orientée N30 à N60 (Fig. 7. A) d'âge westphalien-stéphanien. Le même âge est établi dans le massif de Tazekka [2, 14, 42], dans le bassin d'Azrou-Khénifra [30],

le Maroc central [8] et dans les autres boutonnières marocaines [43, 44, 45, 46]. Le rapport  $\phi=0.4$  indique que  $\sigma_2 \approx (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ . Le paroxysme de cette déformation est enregistré par le complexe volcano-sédimentaire d'âge viséen supérieur-namurien A. Il est matérialisé par des plis synschisteux  $P_3$  orientées N30 à N50 et une schistosité de fracture fruste  $S_3$  [2, 14]. Au niveau des schistes vert-olive d'âge ordovicien inférieur (Arénigien-Llanvirnien), cette compression bascule et décale les structures préexistantes et donne naissance à des plis synschisteux en chevron à minéralisation quartzreuse ferrifères parallèles aux plans axiaux WNW-ESE à NW-SE ou à  $S_{0-1}$  ;



**Figure 8.** (1) Filonnet N160 de stibine décalée par un décrochement dextre N140. (2) Minéralisation à paragenèse sulfurée (PbS, FeS<sub>2</sub>) à gangue quartzreuse à traces d'oxydes de fer.

- la compression NNW-SSE associée à une extension ENE-WSW, responsable de l'ouverture des fentes de tension à quartz à imprégnations d'oxydes et hydroxydes de fer, orientées en moyenne N150 à N170. Cette phase est synchronisée avec l'installation d'une minéralisation à paragenèse sulfurée à gangue quartzreuse à trace d'oxydes et hydroxydes de fer sur failles décrochantes dextres orientées N130 à N150 (Fig. 8. 2). Le jeu de ces failles provoque une bréchification intense des andésitiques. Ceci a facilité la circulation des fluides hydrothermaux (forte perméabilité) et donné naissance à une minéralisation formée de pyrite, chalcopryrite et galène. La chronologie de la minéralisation est établie à partir d'une analyse texturale in situ des caisses filoniennes. Ces dernières sont marquées par une cristallisation tardive de la malachite, sans zonalité minéralogique verticale. L'ensemble a été envahi tardivement par du soufre qui enrichi le milieu (Fig. 10, B). Ces activités minières sont contemporaines d'une argilitisation blanchâtre qui occupe la partie médiane du gîte de Boujaâda (Fig. 9. 1). Cette phase est compatible avec un paléochamp de contraintes caractérisé par un régime compressif, tels que l'axe de la contrainte maximale  $\sigma_1$  est horizontal et orienté N170 est l'axe  $\sigma_3$  est aussi horizontal et orienté N80

(voir Fig. 7. B). L'âge de cette phase est attribué au Permien à Trias inférieur-moyen probable par analogie avec les résultats obtenus au sud du Maroc dans la boutonnière de Bou-Azzer [5], dans le Maroc central [8, 47] et dans le Haut-Atlas occidental [48]. Le rapport de forme  $\phi=0.8$ , indique que la valeur de  $\sigma_2$  se rapproche de celle de  $\sigma_1$ , c'est-à-dire que la compression horizontale peut être associée à un axe compressif vertical et un synchronisme des failles normales subméridiennes avec les décrochements. Au SW du gîte de Boujaâda, au sein des schistes gris-vert d'âge ordoVICIEN inférieure (Arénigien-Llanvirnien), la phase compressive NNW-SSE est responsable de l'ouverture des fentes de tension à quartz à imprégnation d'oxydes et hydroxydes de fer orientées en moyenne N160 à N170. Celles-ci recoupent presque perpendiculairement les plis  $P_3$  de types kink band à axes orientés N30 à N50 (Fig. 11. 1). Cet état de contraintes est responsable aussi de la mise en place des dykes microdioritiques orientés N140 à N170, sans aucune tâche de métamorphisme de contact, et renfermant des xénolithes d'encaissant plissé et schistosé (Fig. 11. 2). Ceux-ci indiquent que ces structures sont postérieures à la phase tardive d'âge Westphalienne-Stéphanienne qui a généré la formation des plis  $P_3$  [2, 14] ;

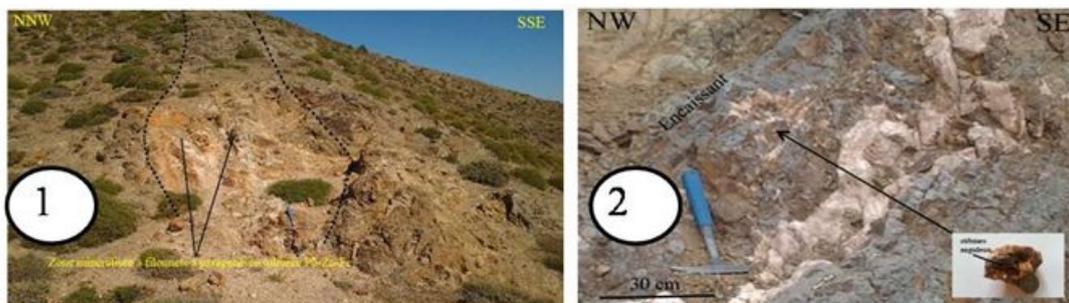


Figure 9. (1) Zone d'altération hydrothermale (argilitisation) orientée N140. (2) Filon N40 de barytine rose compacte type (II) à stibine anguleuse.

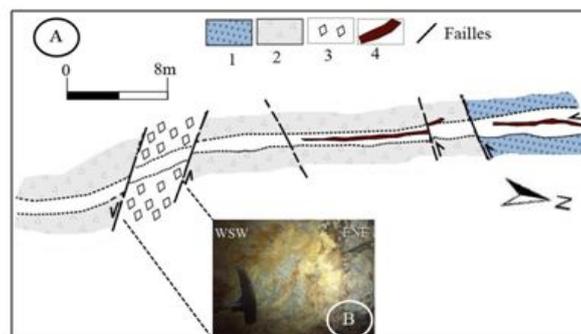


Figure 10. (A) Schéma géologique de la couronne d'une galerie abandonnée, montrant un filon de stibine orienté N150 décalé par une des failles décrochantes senestres N80 à N100. (B) Brèche andésitique envahie par du soufre.

- 1- andésite (Viséo-Namurien), 2- brèche andésitique (Viséo-Namurien), 3- zone de broyage à minéralisation sulfurée, 4- filon de stibine.

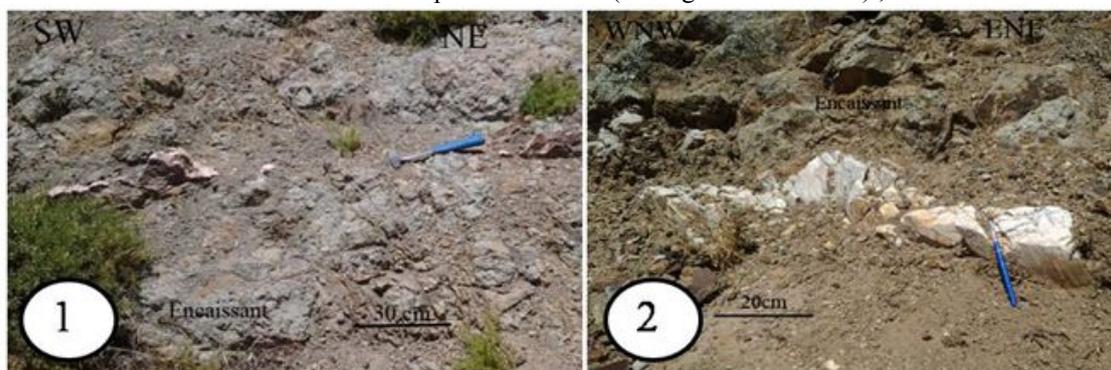


**Figure 11.** (1) Fente de tension à quartz à imprégnation d'oxydes et hydroxydes de fer recoupant les plis P<sub>3</sub> de types kink band N30 à N50. (2) Dyke de microdiorite altéré recoupant les schistes gris-vert (Arénigien-Llanvirnien) et renfermant des xénolithes de l'encaissant.

- l'extension NW-SE donne naissance à des failles normales orientées N30 à N50 à effondrement vers le SE ou le NW. Cette phase est compatible avec un paléochamp de contraintes caractérisé par un régime extensif, tels que l'axe de la contrainte minimale  $\sigma_3$  est horizontale et orientée N130 à N150 est  $\sigma_1$  verticale (voir Fig. 7. C). Cet événement tectonique est synchronique avec la mise en place des minéralisations de barytine blanche en crête type (II) et de barytine rose compacte (I) à fragments anguleux de stibine et andésite silicifiée (voir Fig. 9. 2). Les fragments anguleux de stibine au sein de la barytine rose compacte ; indiquent que cette dernière est postérieure à la stibine. Le rapport de forme  $\phi=0.48$  ; indique que la valeur de  $\sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ . L'âge de cette phase tectonique est attribué au Trias supérieur-Lias inférieur par analogie avec les résultats obtenus dans le Moyen Atlas et la Haute Moulouya [38, 39, 49, 50, 51, 52] ;

- la compression NNW-SSE est responsable de la création des failles décrochantes senestres N00 à N20 et des failles inverses à composante

décrochante N50 à N80. Elle est synchronique avec une minéralisation de barytine rose compacte type (II) (Fig. 12. 1) et des minéralisations rubanées formées chronologiquement par une barytine blanche compacte type I cristallisée en premier, suivie par une barytine blanche en crête type III. Ces dernières s'installent même dans la couverture liasique discordante. Ces failles sont compatibles avec un paléochamp de contraintes tel que l'axe  $\sigma_1$  est horizontal et orienté N170 et  $\sigma_3$  est aussi horizontal et orienté N80 (voir Fig. 7. D). Le rapport  $\phi=0.6$  indique que  $\sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ . L'âge de cette phase tectonique est post-Bathonien et anté-Barrémien [38, 39]. Apparemment, ce paléochamp de contraintes est responsable de l'ouverture des fentes de tension plates à quartz ferrifères indiquant une forte pression des fluides supérieure à la valeur de  $\sigma_3$  [53, 54]. Il est responsable aussi du décalage des dykes microdioritiques orientés N140 à N170 par des failles chevauchantes plates à décrochevauchantes dextres N120 à N150, au sein des schistes gris-vert d'âge ordovicien inférieur (Arénigien-Llanvirnien) ;



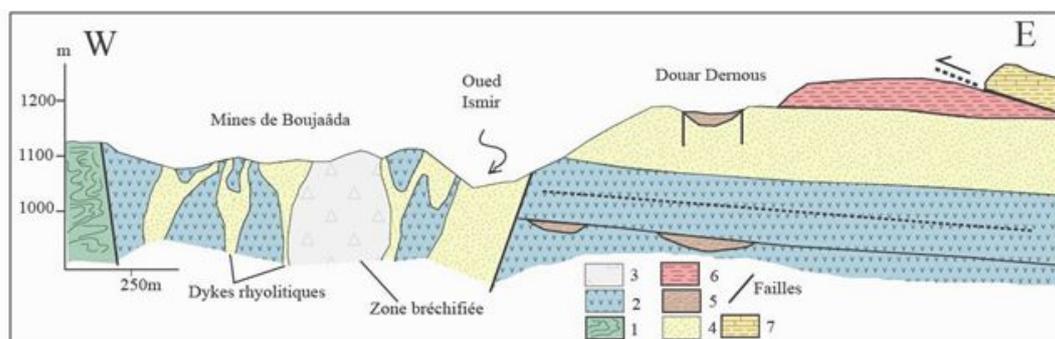
**Figure 12.** (1) Filon N50 de barytine rose compacte type (II). (2) Filon N140 de barytine blanche compacte type (I) à éponte striée.

- la compression WNW-ESE, affectant les dolomies du Lias inférieur, donne naissance à des failles décrochantes senestres N150 à N170 et des failles inverses N10 à N30. Cette phase est associée

à des minéralisations de barytine blanche compacte type (I) (Fig. 12. 2), des filonnets centimétriques de barytine rose compacte type (III) empruntant des zones de boudinage tectonique N120 à N130, du

quartz ferrifère brun foncé à rouge et un broyage de la barytine blanche en crête type (II). Ces jeux sont compatibles avec un paléochamp de contraintes tel que l'axe de la contrainte principale  $\sigma_1$  est horizontal et orienté en moyenne N120 et l'axe  $\sigma_3$  est aussi horizontal et orienté en moyenne N30 (voir Fig. 7. E). Cette compression est d'âge vallésien avec un rejeu probable d'âge pliocène inférieur-moyen [38, 53]. Le rapport  $\phi = 0.8$  indique

que  $\sigma_2 \approx \sigma_1$ , c'est-à-dire que les décrochements senestres subméridiens peuvent être synchrones avec des failles normales N120 à N140. Ainsi à l'Est de Boujaâda, cette phase tectonique est responsable de l'installation d'un lambeau formé par des alternances marno-calcaires d'âge domérien (Fig. 13), reposant en contact anormal sur les argilites rouges triasiques par l'intermédiaire d'une faille chevauchante plate orientée N30 à N50.



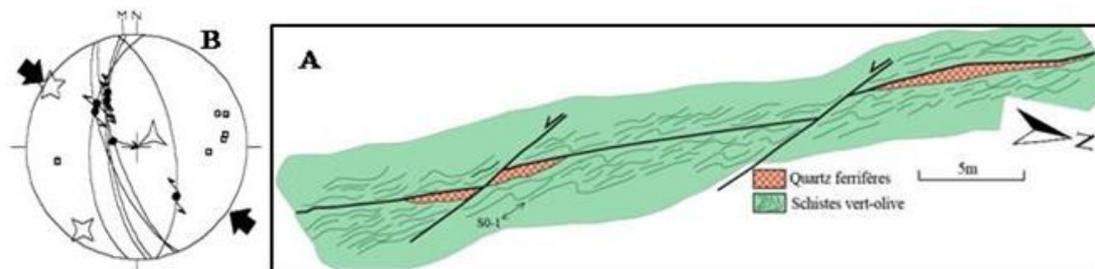
**Figure 13.** Coupe géologique le long de la mine de Boujaâda (d'après Chalot-Prat, 1990 ; modifiée) montrant à l'Est un lambeau marno-calcaires d'âge domérien chevauchant les argilites rouges d'âge triasique.

1- schistes silicifiés (Ordovicien), 2- brèches andésitiques (Viséo-Namurien), 3- andésites (Viséo-Namurien), 4- ignimbrite rhyolitique (Viséo-Namurien), 5- conglomérats (Viséo-Namurien), 6- Argilites rouges (Trias supérieur), 7- alternances marno-calcaires (Domérien).

### 3.2.3. Secteur de Aïn El Kabira (voir Fig. 1)

La faille bordière majeure subverticale et à faible rejet au niveau de Aïn El Kbira est orientée N160 à N00. Elle limite le complexe volcano-sédimentaire d'âge viséen supérieur-namurien A et les schistes vert-olive d'âge ordovicien inférieur (Arénigien-Llanvirnien) [12], et dont le jeu synsédimentaire est cité par plusieurs auteurs [2, 14, 57, 59, 60]. Elle est caractérisée par un remplissage filonien quartzeux ferrifères discontinus (Fig. 14. A), qui caractérise également les failles secondaires de même direction. Celles-ci disparaissent vers le NE du complexe volcano-sédimentaire. Ce système filonien orienté N160 à N00, dont la striation est synchrone avec les minéralisations quartzueuses ferrifères (stries à

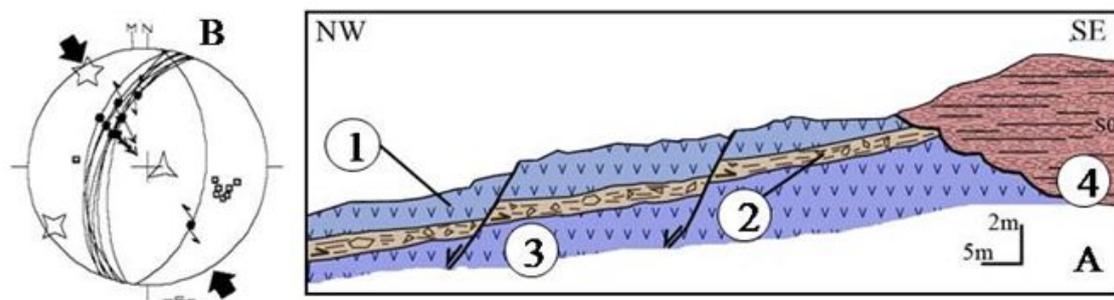
l'intérieur des lentilles minéralisées), nous a permis de déterminer le paléochamp de contraintes qui est caractérisé par un axe de contrainte maximale  $\sigma_1$  horizontale et orientée N110 à N130 ( $\sigma_3$  verticale) (Fig. 14. B). Le rapport  $\phi = 0.3$  indique que l'intensité de  $\sigma_3$  est proche de celle de  $\sigma_2$ . Les failles décrochantes senestres N160 à N00 affectant à la fois les faciès d'âge viséen supérieur-namurien A du gîte de Boujaâda et les schistes vert-olive d'âge ordovicien inférieur, sont parfois à composante inverse. Nous attribuons à cette phase tectonique un âge westphalien-stéphanien, par analogie avec les résultats obtenus dans les autres stations de mesures et avec les travaux des prédécesseurs [2, 14].



**Figure 14.** (A) Schéma géologique montrant la faille bordière d'Aïn El Kabira, à remplissage quartzeux ferrifère, décalée par des failles décrochantes senestres N140 à N160. (B) Stéréogrammes des décrochements subméridiens.

Les épanchements basalto-andésitiques d'affinité calco-alkaline [14, 56, 58, 60, 61, 62] sont d'âge viséen supérieur-namurien A. Ils sont associés à l'ouverture du bassin carbonifère de Tazekka [56], et apparaissent par endroits sous forme de superposition entre deux piles basiques (basalto-andésitiques) séparées par une surface broyée et striée. Celle-ci correspond, à notre avis, à une surface de pallier de chevauchement. Les mesures microtectoniques que nous avons effectuées le long de cette zone montrent des surfaces chevauchantes à décro-chevauchantes senestres N10 à N50 fossilisées par des discordances locales de microconglomérats rouges d'âge trias supérieur (Fig. 15.A). Par endroits ce système de failles N10 à N50 délimite parfois des écailles

tectoniques à vergence NW de schistes vert-olive ; caractérisées par une linéation d'étirement minérale du quartz. L'ensemble est affecté ultérieurement par des failles tardives N40 à N60 à jeu normales qui provoquent un effondrement vers le NW. Le traitement automatique de ces failles chevauchantes N10 à N50 nous ont permis de mettre en évidence un paléochamp de contraintes tel que l'axe  $\sigma_1$  est horizontal et orienté N150 associé à un axe  $\sigma_3$  vertical (Fig. 13, A), dont l'âge est attribué au Permien à Trias inférieur-moyen probable, par analogie avec les résultats obtenus au sud du Maroc dans la boutonnière de Bou-Azzer [5], au Maroc central [8, 47] et dans le Haut-Atlas occidental [48, 63]. Le rapport  $\phi = 0.54$  indiquant que  $\sigma_2 = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$ .



**Figure 15.** (A) Coupe structurale montrant la discordance locale et le ravinement des conglomérats du Trias supérieur. 1 et 3 deux piles basalto-andésitiques d'âge viséen supérieur-namurien ; 2- zone de bréchification ; 4- conglomérats d'âge Trias supérieur. (B) Stéréogramme équivalent.

#### IV. CONCLUSION

L'étude de la tectonique cassante combinée à une analyse gîtologique, métallogénique et cartographique dans le massif de Tazekka (socle et couverture), nous a permis de mettre en évidence une évolution complexe et polyphasée des contraintes tectoniques et des minéralisations. En effet, les âges de quelques épisodes tectoniques sont difficiles à établir du fait de la lacune située entre le Viséo-Namurien et le Trias supérieur, et de la superposition des mêmes directions des contraintes entre le Paléozoïque et le Méso-Cénozoïque. Pour cela, nous nous sommes basés sur des comparaisons avec d'autres régions étudiées par d'autres auteurs, et sur les principes géométriques et stratigraphiques de la chronologie relative.

La compression majeure hercynienne orientée NW-SE à NNW-SSE d'âge westphalien-stéphanien, est matérialisée par des failles décrochantes senestres à composantes normales orientées N140 à N170 et caractérisée par une minéralisation en stibines, quartz ferrifère et barytine blanche en crête type (I). La compression ENE-WSW d'âge stéphanien-permien, voir même trias inférieur-moyen, manifestée par des failles

décrochantes dextres à composante inverse N150 à N160, caractérisée par une minéralisation à Pb-(Ag) à gangue quartzreuse blanche laiteuse. La compression NNW-SSE, d'âge permien à trias inférieur-moyen probable, caractérisée par des failles décrochantes dextres N130 à N150 et chevauchantes à décro-chevauchantes senestres N10 à N50 à minéralisation sulfurée et à gangue quartzreuse à trace d'oxydes et d'hydroxydes de fer. Ce paléochamp de contraintes persiste par un épisode tectonique extensif ENE-WSW d'âge post-permien et anté-Trias supérieur, avec une permutation des axes de contraintes. Ainsi  $\sigma_1$  devient sub-verticale, responsable du rejeu décrochant dextre à composante normale des failles N140 à N160 et des failles normales N130 à N160, associées à une minéralisation noduleuse ferrifère.

Le socle paléozoïque n'a pas échappé à une activité tectonique d'âge méso-cénozoïque dont les phases majeures débutent par l'extension NW-SE d'âge Trias supérieur-Lias inférieur, matérialisée par des failles normales N30 à N50 à remplissage barytique rose compacte type (I) et barytine blanche en crête type (II). La compression NNW-SSE d'âge post-Bathonien et anté-

Barrémien, donne naissance à des failles décrochantes senestres N00 à N20 et décrochantes senestres à composante inverse N50 à N80, et caractérisée par une minéralisation barytique rose compacte type (II) et minéralisation rubanée de barytine blanche compacte type (I) et barytine blanche en crête type (III). La compression WNW-ESE d'âge vallésien, matérialisée par des failles décrochantes senestres N150 à N170 et inverses N10 à N30 à remplissage barytique blanc compact type (II) et barytine rose compacte type (III). Ces phases tectoniques majeures d'âge méso-cénozoïque, sont responsables de la réactivation

des accidents du socle, et l'installation d'une minéralisation plombo-zincifère sous forme filonienne, stratiforme ou de type MVT (Mississippian Valley type) au sein de la couverture carbonatée liasique discordante.

En conséquence, ces différentes structures cassantes citées précédemment dans le socle et la couverture, montrent la relation étroite qui existe entre la fracturation et les minéralisations. Elles permettent de guider la recherche de nouvelles structures minéralisées à l'échelle du massif de Tazekka et même à l'échelle de la meseta orientale.

### REFERENCES

- [1]. Potherat, P. (1987). Etude géologique et métallogénique du prospect de Boujaâda (massif de Tazekka). Rapport BRPM, Rabat, 431.
- [2]. Essamawal, M. (1999). Analyse tectonique et microtectonique du complexe volcano-sédimentaire carbonifère dans le massif de Tazekka, conséquences sur le contrôle structural de la minéralisation en antimoine de Boujaâda. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Fac. Sci. Rabat, 191p.
- [3]. Ajamay, H. 2010. Evolution tectono-métamorphique du NW du massif de Tazekka : implication métallogénique, Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Mohamed V, Rabat, 156p.
- [4]. Belhaj, O. (1994). Les gisements d'antimoine du massif de Tazekka (Maroc oriental) minéralogie, fluides hydrothermaux et conditions de formation. Note et mém Serv. Géol. Maroc, n°375, 207p.
- [5]. Hinaje, S. (1995). Apport de l'analyse de la tectonique cassante tardi et post-panafricaine à la modélisation de la mise en place des minéralisations dans la boutonnière de Bou-Azzer (Anti-Atlas, Maroc). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Fac. Sci. Rabat, 238p.
- [6]. Blés, P.K., Bonijoly, D., Gros, Y. (1982). Apport de l'analyse structurale à la connaissance des gîtes filoniens. Bull. BRGM. Section II. 4, 427-436, 6fig.
- [7]. Lhégu, J., Jébrak, M., Touray, J.C., Ziserman, A. (1982). Les filons de Fluorine et de Barytine du Massif Central Français. Bull. BRGM.
- [8]. Rahho, H. (1996). Etude géologique du paléozoïque d'El Hammam, analyse de la fracturation et relation avec les structures minéralisées (Maroc central septentrional). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Fac. Sci. Rabat, 199p.
- [9]. Jébrak, M. (1984). Contribution à l'histoire naturelle des filons (F, Ba) du domaine varisque : Essais de caractérisation structurale et géochimique des filons en extension et en décrochement dans les massifs centraux français et marocaine. Thèse ès Science. Orléans, 467p
- [10]. Angelier, J. (1984). Tectonic analysis of fault data sets. Journal of Geophysical Research. Vol. 89, No. B7, p 5835-5848.
- [11]. Angelier, J. (1989). From orientation to magnitude in paleostress determinations using fault slip data. Jour of Structural Geology. Vol. 11. No. 1/2, pp. 37 to 50.
- [12]. Angelier, J. (1990). Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress-III. A new rapid direct inversion method by analytical means. Geophys. J. Int. 103, 363-376.
- [13]. Raucher, R., Marhoumi, R., Vanguestaine, M., Hoepffner, C. (1982). Datation palynologique des schistes du Tazekka au Maroc. Hypothèse structurale sur le socle hercynien de la Meseta orientale. C.R. Acad. Sci. Paris, 294 (D), 1203-1206.
- [14]. Hoepffner, C. (1987). La tectonique hercynienne dans l'Est du Maroc. Docteur ès sciences Naturelles, Strasbourg, 257p.
- [15]. Hamoumi, N. (1988). La plate-forme ordovicienne du Maroc : dynamique des ensembles sédimentaires. Thèse ès sciences, Strasbourg, 249p.
- [16]. Khoukhi, Y. (1993). L'Ordovicien et le Cambro-Ordovicien de la meseta orientale, Maroc : Pétrologie, dynamique sédimentaire et stratigraphie séquentielle. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Fac. Sci. Oujda, pp.
- [17]. Le Heron, D., Khoukhi, Y., Florentin, P., Ghienne, J.F., Le Herissé, A. (2008). Black shale, grey shale, fossils and glacières : Anatomy of the Upper Ordovician-Silurian succession in the Tazekka Massif of eastern Morocco. Gondwana Research 14, 483-496.
- [18]. Ghienne, J-F., Benvenuti, A., El Houicha, M., Girard, F., Kali, E., Khoukhi, Y., Langbour, C., Magna, T., Míková, J., Moscariello, A., Schulmann, K. (2018). The impact of the End-Ordovician glaciation on

- sediment routing systems: A cas study from the Meseta (northern Morocco). Gr, doi : 10.1016/j.gr.2018.07.001.
- [19]. Amaouain, H. (1991). Evolution hercynienne des terrains paléozoïques de la partie SW du massif de Tazekka entre Tleta des Zerarda et Kassioua (Maroc oriental). Thèse 3<sup>o</sup> cycle, Fac. Sci. Rabat, 160p.
- [20]. Marhoumi, M.R. (1985). Etude palynologique des séries dinantiennes de la meseta marocaine. Conséquences et structurales. Thèse 3<sup>o</sup> cycle, Univ. Strasbourg, 111p.
- [21]. Chalot-Prat, F., Roy-Dias, C. (1985). Découverte de plantes d'âge viséen supérieur-namurien A dans les volcanoclastites de bas du complexe volcanique du Tazekka (Maroc oriental). Approche paléogéographique. C. R. Acad. Sci, Paris, 308, série II, p. 1157-1160.
- [22]. Manspeizer, W., Puffer, J.H., Cousminer, H.L. (1978). Separation of Morocco and eastern North America: A Triassic-Liassic stratigraphic record. Geol. Soc. America Bull., 89, 901-920.
- [23]. Robillard, D. (1978). Etude stratigraphique et structurale du Moyen Atlas Septentrional (Région de Taza-Maroc). Thèse 3<sup>o</sup> cycle, Lille, 178p.
- [24]. Benchekroun, M.S. (1985). Les séries triasiques du Maroc (domaine mésétien et atlasique) : évolution minéralogique et géochimique. Thèse 3<sup>o</sup> cycle, Univ. Strasbourg, 129p.
- [25]. Vidal, J., Hoepffner, C. (1979). Carte géologique au 1/50000, feuille de Tahla. Note et mém Serv. Géol. Maroc, n°282
- [26]. Hoepffner, C., Soulaïmani, A., Piqué, A. (2005). The Moroccan Hercynides. J. Afr. Earth Sciences. This issue, doi:10.1016/j.jafrearsci.09.002.
- [27]. Angelier, J. (1992). Sur l'incorporation des structures de pression et de tension dans la détermination des états de contrainte en tectonique cassante : un élargissement des méthodes d'inversion. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 314, Série II, p. 1233-1238.
- [28]. Angelier, J. (1992). Un élément nouveau dans la détermination des états de contrainte en tectonique cassante. Les plans de défaut non-cisaillants, ou « non-failles ». C. R. Acad. Sci. Paris, t. 314, Série II, p. 381-386.
- [29]. Hoepffner, C. (1994). La zone Midelt-Tazekka-Bsabis, le domaine interne de la chaîne varisque et ses relations avec le massif hercynien central. Bull. Inst. Sci. Rabat, N°18, pp. 169-191.
- [30]. Bouabdelli, M. (1989). Tectonique et sédimentation dans le bassin orogénique : le sillon viséen d'Azrou-Khénifra (Est du massif hercynien central du Maroc). Thèse Doct. Etat, Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 262p
- [31]. Bouabdelli, M. (1996). Du bassin sur décrochement au bassin d'avant pays : Dynamique du bassin d'Azrou-Khénifra (Maroc hercynien central). J. Afr. Earth Sciences, Vol. 23, No. 2, pp. 213-224.
- [32]. Cheilletz, A. 1984. Contribution à la géologie du district polymétalique (W-Mo-Cu-Pb-Zn-Ag) du Jbel Aouam, Maroc Central. Thèse Doct. Etat, I.N.P.L., C.R.P.G., E.N.S.G. Nancy, 250p.
- [33]. Benasser, M. (1996). Lithostratigraphie, tectonique hercynien, paléochamp de contraintes tardi-hercyniennes et relation fracturation-minéralisation de la région de l'Aouam (Maroc centra oriental). Thèse 3<sup>o</sup>cycle, Univ. Mohamed V, Rabat, 292p.
- [34]. Torbi, A. (1988). Analyse structurale et étude de la fracturation du socle hercynien des monts du Sud-Est d'Oujda, Meseta Oriental, Maroc. Thèse 3<sup>o</sup> cycle, Univ. Poitiers, 186p.
- [35]. Torbi, A & Gélard, J.P. (1994). Paléocontraintes enregistrées par la microfracturation, depuis l'hercynien jusqu'à l'actuel, dans les monts du Sud-Est d'Oujda (Meseta Oriental, Maroc). C. R. Acad. Sci., Paris, t. 318, II, p 131-135.
- [36]. Torbi, A., (1996). Stratigraphie et évolution structurale paléozoïque d'un segment de la meseta orientale marocaine (les monts du Sud-Est d'Oujda) : Rôle des décrochements dans la formation de l'olistostrome intraviséen et le plutonisme Tardi-Hercynien. J. Afr. Earth Sciences, Vol 22. N° 4, p 549-563.
- [37]. Errami, A. (2001). Evolution tardi-hercynien et alpine des bassins du Paléozoïque supérieur de la bordure sud-occidentale du Massif ancien du Haut Atlas : rôle des inversions tectoniques. Thèse de Doctorat, Fac. Sci. Rabat, 226p.
- [38]. Hinaje, S. (2004). Tectonique cassante et paléochamps de contraintes dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas central (Midelt-Errachidia) depuis le Trias jusqu'à l'actuel. Thèse Doc. Etat, Univ. Rabat, 363p.
- [39]. Hinaje, S., Charroud, M., Ait Brahim, L., El Arabi, H., Sabaoui, A. (2015). Paléocontraintes mésozoïques, évolution tectonique et paléogéographie des bassins sédimentaires moyen Atlasique et central haut Atlasique Marocains. ScienceLib. Edi.

- Mer. Vol 7, N° 150410. ISSN 2111-4706.
- [40]. Gharmane, Y., Hinaje, S., El Fartati, M., Amrani, S. (2017). Mise à jour de la cartographie géologique du passage Paléozoïque-Trias-Jurassique dans la zone de Bouchfâa, partie NW de la Boutonnière de Tazekka. 2<sup>e</sup> édition de la Rencontre National des Jeunes Géologues (RNJG-2017). Fac. Sci. El Jadida.
- [41]. Gharmane, Y., El Fartati, M., Amrani, S., Hinaje, S. (2018). Mise à jour de la cartographie géologique et états des contraintes tectoniques dans la zone de Bouchfâa (NW du massif de Tazekka, Maroc). Euro. Sci. Jour. June 2018. ed Vol. 14, No. 18 ISSN: 1857-7881 (Print) e-ISSN 1857-7431.
- [42]. Gharmane, Y., Amrani, S., Hinaje, S. (2018). Evolution tectono-minière des structures filoniennes minéralisées et leurs encaissantes dans le district minier de Boujaâda (boutonnière de Tazekka, Maroc). 4<sup>e</sup> éd. Col. Int. Utilisateur des SIG (GIS-USERS-2018). Univ. Sci. Meknès.
- [43]. Michard, A. (1976). Elément de géologie Marocaine. Note et mém Serv. Géol. Rabat., Maroc, n°252, 408p.
- [44]. Piqué, A., Michard, A. (1981). Les zones structurales du Maroc hercynien. Bulletin de la Société Géologique de France, Strasbourg, 34, 135-146.
- [45]. Tahiri, A. (1994). Tectonique hercynienne de l'anticlinorium de Khouribga-Oulmès et du synclinorium de Fourhal. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, 18, 125-144.
- [46]. Aït Brahim, L., Tahiri, A. (1996). Rotation horaire des contraintes et mécanismes et de fermeture des bassins Permien du Maroc central. F. Médina (éd): Le Permien et le Trias du Maroc: état des connaissances. Edition PUMAG, Marrakech, pp. 87-89.
- [47]. Tahiri, A., Medina, F. (1989). Analyse de la fracturation dans le paléozoïque au Nord d'Oulmès (Maroc central). Bull. Inst. Sci. Rabat, n° 13.
- [48]. Saber, H. (1994). Sédimentologie et évidence d'une tectonique Tardi-Hercynienne d'âge Permien inférieur dans le bassin des Ida Ou Ziki ; sud-ouest du massif ancien du Haut-Atlas (région d'Argana, Maroc). J. Afr. Earth Sciences, Vol. 19, No. 1/2, pp. 99-108.
- [49]. La Ville, E & Piqué, A. (1992). La distension crustale atlantique et atlasique au Maroc au début du Mésozoïque : le jeu des structures hercyniennes. Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, Rabat, n°366, pp. 343-357, 5 fig.
- [50]. Piqué, A., Aït Brahim, L., Aït Ouali, R., Amrhar, M., Charroud, M., Gourmelen, C., La Ville, E., Rekhiss, M., Tricart, P. (1998b). Evolution structurale des domaines atlasiques du Maghreb au Méso-Cénozoïque ; le rôle des structures héritées dans la déformation du domaine atlasique de l'Afrique du Nord. Bull. Soc. Géol. France, t. 169, n° 6, pp. 797-810.
- [51]. Ouarhache, D., Charrière, A., Chalot-Prat, F., El Wartiti, M. (2000). Sédimentation détritique continentale synchrone d'un volcanisme explosif dans le Trias terminal à infra-Lias du domaine atlasique (Haut Moulouya, Maroc). J. Afr. Earth Sciences, Vol. 31, No. 3/4, pp. 555-570.
- [52]. Aït Brahim, L., Chotin, P., Hinaje, S., A., Abdelouafi., A, El Adraoui., C, Nakcha., D, Dhont., M, Charroud., F, Sossey Alaoui., M, Amrhar., A, Bouaza., H, Tabyaoui., A. Chaouni. (2002). Paleostress evolution in the Moroccan African margin from Triassic to present. Tectonophysics, 375, 187-205.
- [53]. Hinaje, S., Charroud, M., Aït Brahim, L., Sabaoui, A., Amrani, S., El Arabi, H. (2015). Evénements tectono-sédimentaire, paléocontraintes Crétacés-Cénozoïques et structuration diachrone du moyen atlas et du haut atlas central marocains. ScienceLib. Ed. Mer. Vol 7, N°150409. ISSN 2111-4706.
- [54]. Jébrak, M. (1992). Les textures intra-filoniennes, marqueurs des conditions hydrauliques et tectoniques. Chron. Rech. Min., n°508, pp. 52-35, 6 fig.
- [55]. Jébrak, M. (1997). Hydrothermal berccias in vein-type ore deposits: A review of mechanisms, morphology and size distribution. Ore Geology Reviews 12. 111-134.
- [56]. Hoepffner, C. (1981). Le complexe volcano-sédimentaire d'âge carbonifère dans le massif de Tazekka ; sa place dans l'évolution hercynienne de la meseta marocaine orientale. Sci. Géol., Bull., 34, 2, p. 97-106, Strasbourg.
- [57]. Huvelin, P. (1986). Le carbonifère de Tazekka (Maroc) : volcanisme et phénomènes de resédimentation. C. R. Acad. Sci, Paris, t. 303, série II, n° 16, pp. 1483-1486.
- [58]. Chalot-Prat, F. (1990). Pétrogenèse d'un volcanisme intracontinental tardi-orogénique hercynien : étude du complexe volcanique carbonifère du Tazekka et des zones volcaniques comparables dans le Mekkam et

- la région de Jerada (Maroc oriental). Thèse Doct. Sci., Univ. P. et M. Curie de Paris IV.
- [59]. Berkli, M. (1993). Le Maroc oriental au Carbonifère inférieur (Viséen-Serpoukhovien). Thèse de doctorat, Univ. Lille, 284p.
- [60]. Kharbouch, F. (1982). Pétrographie et géochimie des laves dinantiennes de la meseta nord-occidentale et orientale (Maroc hercynien). Thèse 3<sup>o</sup> cycle. Strasbourg, 150p.
- [61]. Chalot-Prat, F. (1995). Genesis of rhyolitic ignimbrites and lavas from distinct sources at a deep crustal level: field, petrographic, chemical and isotopic (Sr, Nd) constraints in the Tazekka volcanic complex (Eastren Morocco). *Lithos* 36. 29-49.
- [62]. Bennouna, A., Ben Abbou, M., Hoepffner, C., Ribeiro, M.L., Kharbouch, F., Ramos, F.J., Youbi, N., Driouch, Y., Dahire, M., Ntarmouchant, A. (2004). Nouvelles observations dans le dépôt centre volcano-sédimentaire carbonifère du Massif de Tazekka (Moyen Atlas, Maroc : implication sur l'évolution géodynamique de la chaîne Hercynienne. *Comunicacoes Geologicas*, 2004, t. 91, pp. 45-60.
- [63]. Ferrandini, J., Jean-jacques, C., Hafid, S. (1987). Mise en évidence d'une compression subméridienne d'âge permien probable dans le massif ancien du Haut-Atlas occidental (Maroc). Evolution de l'ellipsoïde de déformation depuis l'orogénèse hercynienne jusqu'à la distension triasique. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 304, Série II, n° 20.

Youssef Gharmane" Role of the Chronology of the Tectonic Phases in the Distribution of Hydrothermal Mineralizations in the Mining District of Tazekka (Morocco)" *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, Vol. 09, No.06, 2019, pp. 49-62