

Synthèse géologique et métallogénique du gisement aurifère d'lourirne (Boutonnière de Tagragra d'Akka, Anti-Atlas occidental, Maroc)

[Geological and metallogenic synthesis of the lourirne Gold deposit (Tagragra of Akka inlier, Western Anti-Atlas, Morocco)]

Mohamed BENBRAHIM^{1,2}, Mohamed AISSA², and Mohamed ZOUHAIR³

¹Regional Centre for the Education and training, Inezgane, Morocco

²University Moulay Ismail, Faculty of science, department of geology, laboratory of studies of mineral and energy, P.O. Box 11201, Zitoune, Meknes, Morocco

³Group MANAGEM / Twin Center, Tower A, Casablanca, Morocco

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: lourirne gold deposit is located 260 km to the southeast of Agadir, in Tagragra of Akka inlier (Western Anti-Atlas). The gold mineralization occurs in quartz veins associated with shear zones occurring in E-W direction and cut across the Early Neoproterozoic formations, especially from the dykes of diorite to quartz diorite in the direction from Northeast-Southwest to East-West. Gold is relatively more concentrated in the microcrystalline quartz type (QII). The paragenesis linked to this stage is composed of arsenopyrite, pyrite, pyrrhotite and chalcopyrite. The likely fluid of the establishment of lourirne gold mineralization is a type L aqueous fluid with a homogenization temperature of 180 – 260°C (mode of 217°C) with a low salinity. This gold mineralization has been placed in the quartz veins of shear zones as a result of the paleofluids interaction flowing under the effect of thermal gradients and tectonic motion operating on fault-valve with magmatic and metamorphic surrounding rocks.

KEYWORDS: Gold mineralization, Fault-Valve, lourirne, Tagragra of Akka.

RÉSUMÉ: Le gisement aurifère d'lourirne est situé à 260 km au Sud-Est d'Agadir, dans la boutonnière de Tagragra d'Akka (Anti-Atlas occidental). La minéralisation aurifère se présente dans des filons quartzeux, associés à des zones de cisaillement de direction E-W et recoupant les formations du protérozoïque inférieur, particulièrement des dykes de type diorite à diorite quartzique de direction NE-SW à EW. L'or est relativement plus concentré dans le quartz microcristallin type (QII), la paragenèse liée à ce stade, est composée d'arsénopyrite, pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite. Le fluide probable de mise en place de la minéralisation aurifère d'lourirne, est un fluide aqueux de type L, montrant une température d'homogénéisation de 180°C à 260°C (mode à 217°C), avec une salinité faible. Cette minéralisation aurifère s'est mise en place dans les filons quartzeux des zones de cisaillement, suite à l'interaction de paléofluides, circulant sous l'effet de gradients thermiques et de jeux tectoniques fonctionnant en valves sismiques, avec l'encaissant magmatique et métamorphique.

MOTS-CLEFS: Minéralisation aurifère, Valves sismiques, lourirne, Tagragra d'Akka.

1 INTRODUCTION

Le gisement d'ourirne est situé dans l'Anti-Atlas occidental à 260 Km au Sud-Est d'Agadir (Figure 1a). L'activité minière à ourirne remonte à la période du règne des Almohades (Ere de l'or au Maroc entre XIIe XIIIe siècle) comme en témoignent de nombreux grattages anciens qui peuvent aller jusqu'à 12 m de profondeur. La minéralisation aurifère a été signalée pour la première fois dans la boutonnière de Tagragra d'Akka par les Auteurs de [1]. en 1939, suite à une campagne d'exploration de l'or dans l'Anti-Atlas. Depuis cette période, La minéralisation aurifère du gisement d'ourirne a fait l'objet de nombreux travaux de recherche [2 - 5] ; le gisement d'ourirne montre une problématique caractériser par la variation de teneurs en or au niveau des filons de quartz aurifère d'une façon verticale et latérale, ce qui donne un grand intérêt à notre travail qui a pour but de présenter les principaux résultats d'une approche pluridisciplinaire sur le gisement d'ourirne ; qui vise la contribution à une meilleure compréhension des processus métallogéniques à l'origine de la plus grosse concentration d'or connue au Maroc. Il s'agit de définir les métallotectes permettant d'aider à la mise en évidence des nouvelles occurrences métalliques.

Ce travail a pour objectifs de :

- Déterminer les relations génétiques entre les différents types d'altérations, supergène et hydrothermale d'une part, et la minéralisation aurifère d'autre part ;
- Définir les relations chronologiques entre les différents filons minéralisés et de préciser la géométrie des corps minéralisés ;
- Faire une étude détaillée des sulfures et de l'or et à l'étude préliminaire des inclusions fluides, en vue de caractériser le transport et le dépôt de l'or.

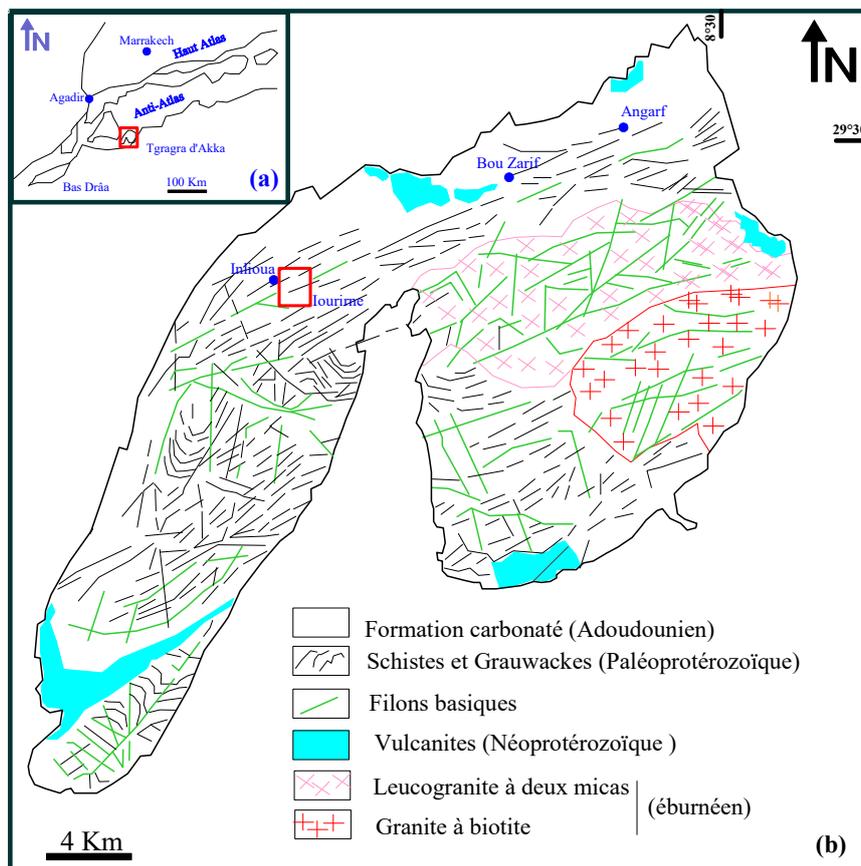


Fig. 1. Carte géologique simplifiée montrant (a)- Situation de la boutonnière de Tagragra d'Akka et (b)- Carte géologique de Tagragra d'Akka et situation de gisement aurifère d'ourirne [6 - 9].

2 MÉTHODOLOGIE

Diverses méthodes ont été mises en œuvre pour contribuer à la compréhension de la mise en place de cette minéralisation :

- Un travail de terrain ayant permis d'élaborer une carte géologique du gisement d'Iourirne au 1/2 500, de réaliser un échantillonnage dans les filons à quartz aurifère des structures (B, C, D, D' et F, F') dans différents niveaux au contact de l'encaissant magmatique et métamorphique. Les échantillons ont fait l'objet ensuite d'une étude macroscopique, microscopique et géochimique pour caractériser les paragenèses minéralogiques.
- Des analyses chimiques qualitatives réalisées sur les sulfures et l'or par microsonde électronique aux laboratoires des universités Paris-6 et Orléans en France et par microscope électronique à balayage du centre de recherche Réminex exploration au Maroc.
- L'analyse détaillée des inclusions fluides piégées dans plusieurs générations de quartz des filons aurifères et des failles plates. Cette étude, effectuée au laboratoire UMR 8110 «Processus et Bilan des Domaines Sédimentaires » et FDR 1818, UFR des sciences de la terre de Lille 1, a été réalisée dans l'objectif de déterminer les caractéristiques physico-chimiques, densité,...) et les conditions thermobarométriques du ou des fluides responsables du transport et du dépôt de la minéralisation aurifère d'Iourirne.

3 CADRE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL ET LOCAL

La boutonnière de Tagragra d'Akka est située dans l'Anti-Atlas occidental (Figure 1a). Elle est composée d'un socle d'âge précambrien et d'une couverture de nature dolomitique d'âge infracambrien et subdivisée géographiquement en deux lobes (Figure 1b).

Le lobe oriental :

Caractérisé par l'abondance de massifs granitiques de type leucogranite à deux micas et granite à biotite d'âge éburnéen. Ces massifs granitiques sont intrusifs dans des formations métamorphiques et volcano-sédimentaires, d'âge Paléoprotérozoïque. L'ensemble de ces formations est traversé par des dykes (de gabbro, de granodiorite et de dolérite...) ([7, 8, 10, 11, 12]).

Le lobe occidental :

Formé de roches métamorphiques, volcano-sédimentaires et des dykes de même nature et de même âge que ceux du lobe oriental. Le secteur d'Iourirne, objet de cette étude, appartient à ce lobe occidental où affleurent les faciès suivants (Figure 2) :

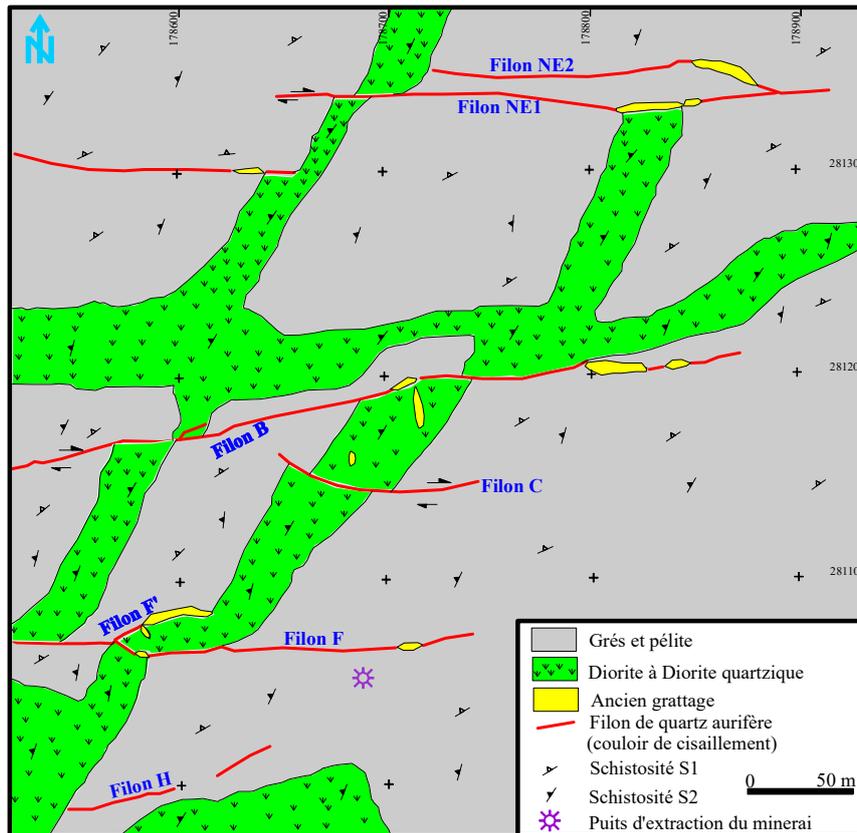


Fig. 2. Carte géologique du domaine minier d'lourine [13 - 14]

- les formations sédimentaires du Paléoprotérozoïque : constituées par des alternances grésopélitiques, métamorphisées dans le faciès schiste vert et affectées par une schistosité principale S1 associée aux phases de déformation éburnéenne. Celle-ci est généralement subparallèle à la stratification S0, [13]. Elle est caractérisée par une direction N30°E à N75°E et un pendage de 60°NNW. Une deuxième schistosité S2, d'orientation générale N05°E à N35°E avec un pendage de 55°WNW, elle est attribuée aux premières phases de déformation panafricaine.
- les intrusions magmatiques : se présentent sous forme de dykes de diorite à diorite quartzique qui recoupent les formations sédimentaires précédentes dans des directions NE-SW et E-W [13].
- les filons à quartz aurifère : se développent dans des couloirs du cisaillement orientés globalement E-W. Ils recoupent toutes les formations précédentes en marquant un jeu apparent dextre et un rejet latéral de 25m, au niveau des dykes de diorite quartzique. Les filons aurifères qui ont été exploités à lourine, par Akka Gold Mining, connus sous les noms de structures NE1, NE2, B, C, D, D', F, F' et H ; ont une extension de plusieurs dizaines de mètres (60 m environ), avec une puissance moyenne de 1 m. Ils montrent des pendages subverticaux orientés Nord-Ouest.

4 PARAGENÈSE MINÉRALE

La minéralisation aurifère d'lourine se présente sous forme de lentilles, veines ou filons de direction EW. Ils sont à texture bréchique et recoupent toutes les formations préexistantes, particulièrement la formation magmatique de type diorite quartzique, où le jeu dextre des structures est bien représenté. Le remplissage des filons est formé de quartz, de chlorite, de muscovite, de carbonate et des sulfures (arsénopyrite, pyrite, chalcoppyrite, pyrrhotite). Le quartz, dont on distingue plusieurs générations, forme la gangue principale de la minéralisation aurifère d'lourine. Les différents stades métallogéniques probables dans la zone d'lourine sont (Figure 3) [14] :

- Stade 1 : Au cours duquel se mettent en place les quartz blanc laiteux type Q I et Q I-II. La paragenèse sulfurée associée à ce stade est composée de l'arsénopyrite I, la pyrite I, la pyrrhotite et la chalcoppyrite.
- Stade 2 : Marqué par un événement tectonique entraînant la déformation du quartz laiteux. Celle-ci s'accompagne de la recristallisation d'une nouvelle génération de quartz microcristallin type (Q II). La paragenèse sulfurée liée à ce

stade, est composée d'arsénopyrite I et II, pyrite I, pyrrhotite, chalcopyrite. Ce stade développe une importante concentration d'or.

- Stade 3 : Caractérisé par le développement des veines de quartz (Q III). La paragenèse sulfurée associée à ce stade est composée d'arsénopyrite II, pyrite II, pyrrhotite et chalcopyrite, l'ensemble est traversé par des veinules à séricite.
- Stade 4 : Marqué par la cristallisation du quartz automorphe (Q IV) et par l'abondance de carbonates et de pyrite III.
- Stade 5 : C'est un stade supergène dont l'altération superficielle des paragenèses métalliques a été observée. Elle consiste en la formation de la paragenèse à malachite, azurite, covellite, hématite, magnétite. Cette paragenèse a été observée dans toutes les occurrences du gisement d'Iourirne. Ceci montre que la succession des remplissages hydrothermaux des filons aurifères a été très homogène à l'échelle de tout le gisement.

L'or s'exprime en grains libre (pépites), dont les observations au microscope métallographiques et au MEB, ont permis de déterminer les différentes expressions de la minéralisation aurifère d'Iourirne [15]. L'or se met souvent en place dans :

- Les pores et les microfissures affectant l'arsénopyrite, la pyrite, la chalcopyrite et la pyrrhotite.
- Les espaces intergranulaires et les microfissures au niveau du quartz Q I-II et Q III.
- Le quartz microcristallin Q II.

La gangue de la minéralisation aurifère est constituée essentiellement de quartz.

5 ETUDE DES INCLUSIONS FLUIDES

L'examen microscopique des inclusions fluides des échantillons récoltés à différents niveaux des structures B et F (critères morphostructuraux, degré de remplissage vapeur, contenu de l'inclusion à température ambiante et mode d'association), a permis de déterminer deux types d'inclusions fluides dans les quartz des filons aurifères et deux types dans les quartz stérile des failles plates. Qui sont bien tardives par rapport à la minéralisation aurifère [16].

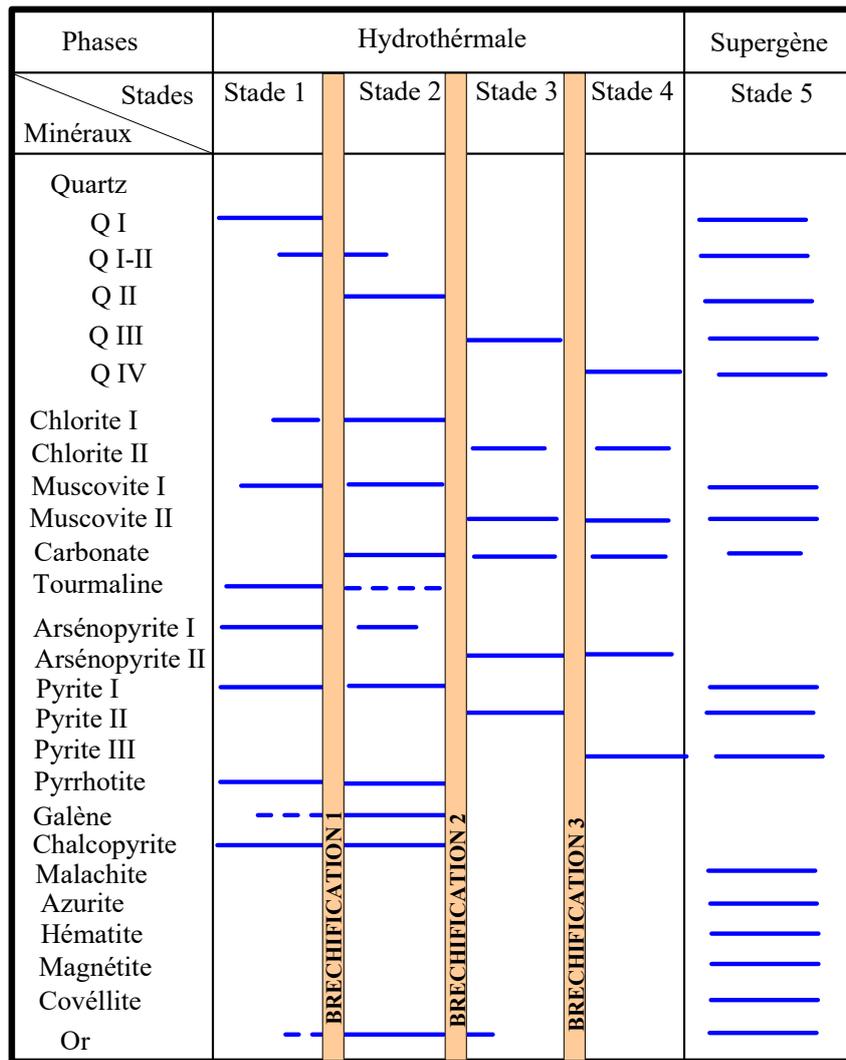


Fig. 3. Stades paragenétiques du gisement aurifère d'Iourirne [13]

5.1 LE QUARTZ DES FILONS AURIFÈRES (QI)

5.1.1 LES INCLUSIONS FLUIDES DE TYPE S

Ces inclusions ont été observées dans les zones de surcroissances du quartz Q I dont elles sont vraisemblablement contemporaines (inclusions primaires). Elles sont triphasées à liquide, vapeur et solide, leur remplissage en vapeur, RV, est de l'ordre de 20 %. Elles sont de petite taille (3 à 10 µm). Au refroidissement, elles montrent la fusion de la glace entre -26.9° et -23.4° C avec un mode à -25.4° ± 0.9°C et une température eutectique beaucoup plus basse mais qui n'a pas été déterminée avec précision. Néanmoins, ces mesures traduisent une très forte salinité (>20% eq. poids NaCl) de ces inclusions fluides et aussi une composition complexe du système fluide qui comporte vraisemblablement, en plus de H2O-NaCl, d'autres cations bivalents (Ca++, Mg++...). Les Th mesurées sont comprises entre 180° et 300° C avec un mode à 240° C.

5.2 LE QUARTZ DES FILONS AURIFÈRES (QII, QIII)

5.2.1 LES INCLUSIONS FLUIDES DE TYPE L

Ces inclusions sont biphasées à liquide - Vapeur et ont une taille de 2 à 10 µm. Leur remplissage en vapeur, RV, varie entre 10 et 20 %. Les inclusions se répartissent dans un quartz clair et riche en sulfures. Au refroidissement, elles ne montrent qu'une seule transition de phase correspondant à la fusion de la glace. Celle-ci s'étale entre -4.3°C et -0.9°C avec un mode de -2.3° ± 0.6°C. Cette température correspond à une salinité de 3.8° ± 0.6 % eq. poids NaCl [17]. Les températures d'homogénéisation

Th s'étalent sur un intervalle très large allant de 121.8° à 306.8°C qui peut être restreint à une fourchette comprise entre 180° et 260°C (217° C) (Figure 4). Certaines de ces inclusions décrépitent à des températures de l'ordre de 270°C et 370°C.

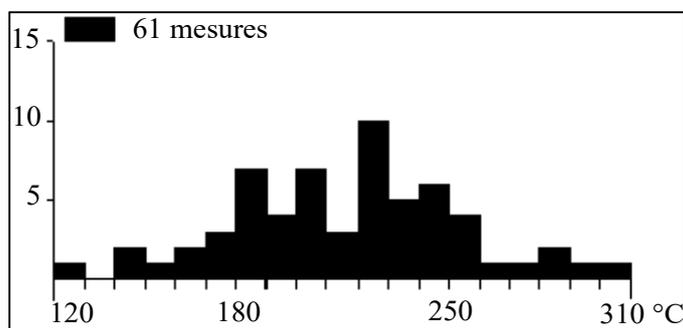


Fig. 4. Histogramme des Th des inclusions fluides de type L des quartz aurifères

5.3 LE QUARTZ STÉRILE (QIV)

5.3.1 LES INCLUSIONS FLUIDES DE TYPE C

Dans le quartz stérile des failles plates tardives, des inclusions fluides aquo-carbonées (type C) ont été mises en évidence. Elles sont constamment présentes et abondantes dans ce quartz. Le refroidissement de ces inclusions qui sont soit triphasées à liquide – vapeur – solide soit biphasées liquide – vapeur à température ambiante, permet d'en distinguer deux types :

5.3.1.1 TYPE C1

Les inclusions fluides de type C1 sont disposées en de petits alignements intragranulaires. Elles ont une forme de cristal négatif et sont de petite taille (10 µm maximum). Ces inclusions sont biphasées à température ambiante (L-V) et leurs phases vapeurs, dont RV est estimé à 40 %, n'ont jamais montré la démixtion d'une phase liquide qui correspondrait à un composé carbonique ou carboné. Les seules transitions de phases mesurées dans ces inclusions sont la fusion du clathrate (Tfc) et la température d'homogénéisation totale. Les Tfc sont relativement élevées (de 14.2 à 17.8°C ± 1.1°C). Ces données indiquent la présence de quantité non négligeable de CH4 dans ces inclusions (phase vapeur assimilée à CO2-CH4). Les températures d'homogénéisation sont très étalées, entre 230° et 290°C.

5.3.1.2 TYPE C2

Il s'agit d'inclusions fluides généralement de grande taille (23 µm maximum), de formes allongées et présentant un RV variable de 30 à 50%. Le refroidissement de ces inclusions fluides qui sont triphasées à température ambiante entraîne la démixtion d'une phase carbonée liquide à partir de sa phase vapeur vers -6.8° C. Elles sont disposées en traînées, le long de petits plans intragranulaires. Un certain nombre de ce type d'inclusions montre le développement de remarquables phénomènes d'étranglement (necking-down) et/ou de décrépitation. La température d'homogénéisation totale se fait en phase liquide entre 230.5° et 338.5°C (266 °C). La démixtion de la phase vapeur a été observée dans ce type d'inclusion à des températures comprises entre -6.3 et -7.4°C. Une première interprétation qualitative est faite à partir des données et des résultats exposés ci-dessus. La phase vapeur est dominée par CO2, mais les TfcO2 plus basses que -56.6°C et les Thv largement inférieures à -31°C (point critique de CO2) traduisent la présence d'un autre constituant carboné dans cette phase et qui est vraisemblablement le CH4.

6 DISCUSSION

La minéralisation aurifère se présente sous forme de veines associées aux plans de cisaillement et/ou aux fentes de tension :

- Les veines dans les zones de cisaillement ont une épaisseur qui varie de quelques centimètres à plus de 3 mètres, avec localement des zones de dilatation en forme sigmoïde richement minéralisées. Les variations, de la granulométrie et des compositions minéralogique et géochimique des différentes roches encaissantes de la minéralisation ont une influence

considérable sur le comportement mécanique de la roche hôte, et donc sur la géométrie des filons minéralisés. Dans une roche fortement isotrope et compétente, telle que la diorite quartzique, le cisaillement se développe le long d'un plan unique et régulier présentant un contact tranchant avec les épontes, avec au toit, une bande de cisaillement et au mur, quelques veinules de Riedel et fentes de tension. A l'opposé, une fracture dans un encaissant métamorphique (schistes), les structures minéralisées correspondent généralement à d'épaisses zones de broyages contenant des lambeaux de l'encaissant de taille variable attestant le caractère hydraulique de la brèche.

- Les fentes de tension R (Riedel) : Elles se rencontrent le plus souvent sous forme de relais entre les veines dans les zones de cisaillement appartenant au système Est-Ouest. Economiquement, ces veines présentent des concentrations importantes en or avec de faible puissance (teneur moyenne de 18 g/t pour une puissance moyenne de 1 m). Les principales caractéristiques de ces veines transtension sont traduites par la présence de textures rubanées formées par les cristaux d'arsénopyrite I et II, quartz et/ou ankérite, indiquant de multiples épisodes, d'ouverture et de remplissage. Lorsque ce type de fracture est minéralisé, il est principalement rempli de quartz massif, rubané (Photos 1 et 2), caractérisée par l'alternance de rubans clairs et sombres avec une puissance variable de 0,1 cm à 8 cm. Les rubans clairs sont constitués de quartz macro-cristallin avec de l'arsénopyrite bien cristallisé et les rubans sombres sont formés de quartz microcristallin et sulfures. Ce qui permet de penser à un système d'ouvertures successives (Figure 5). Ce premier type de filon est peu bréchifié.

Dans la majorité des cas, les filons du quartz aurifère d'lourirne présentent des textures rubanées, suggérant fortement une formation par le mécanisme de fracturation colmatage (crack-seal), démontré par ailleurs de manière extrêmement fréquente dans les filons hydrothermaux de type shear-zone. Ce type de texture est une caractéristique des contextes tectoniquement actifs. Le remplissage est parfois fibreux, avec des lits d'inclusions minérales parallèles aux épontes [18].

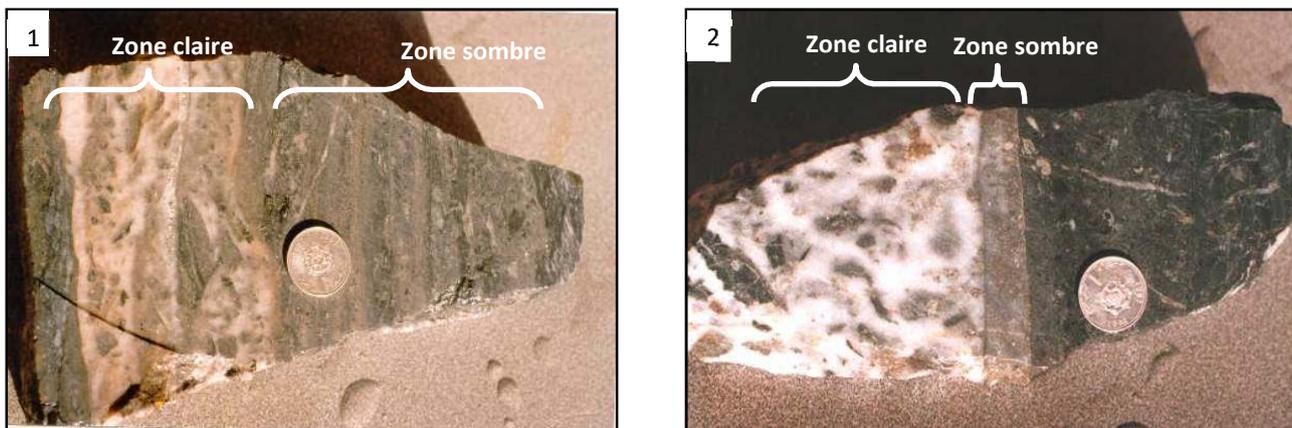
Les fluides drainés dans la zone de fracture s'accumulent au niveau où la faille est colmatée et l'augmentation de la pression fluide conduit à la rupture de la roche et à l'ouverture de fentes où s'échappent les fluides. La pression chute entraînant la précipitation de minéraux et le colmatage des fentes. Ce comportement cyclique de la pression fluide, est connu sous le nom de valve sismique [19] ; Ce phénomène est généralement utilisé pour expliquer la formation des filons de cisaillement aurifère [20].

Sibson et al. [21] ont proposé le modèle de valves sismiques, pour expliquer la mise en place des quartz aurifères d'Abitibi, et qui consiste à relier d'une façon adéquate la minéralisation et le fonctionnement sismique de la faille. Dans l'état actuel des connaissances nous proposons, sur une base analogique, ce modèle pour l'explication de la mise en place de la minéralisation aurifère à lourirne. Le principe de ce mécanisme repose sur l'analyse du cycle sismique, faisant alterner des épisodes de mise sous contrainte et de relâchement. Un cycle comporterait plusieurs étapes : accumulation des fluides dans une faille, déstabilisation et rupture, circulation de fluide puis colmatage du conduit. Dans le gisement d'lourirne l'effet de l'augmentation de la tension des contraintes (Figure 6a) entraîne une augmentation de la pression fluide jusqu'à atteindre la pression hydrostatique ce qui entraîne la rupture avec l'ouverture de la veine et dépôt de la minéralisation, ce phénomène est accompagné par une bréchification hydraulique (Figure 6b) [22]. Par la suite le fluide absorbe une partie de la pression moyenne, la veine tend alors à se refermer.

Les veines d'extension présentent le maximum de minéralisation et un minimum de déformation, car elles montrent le maximum d'ouverture où le fluide minéralisateur ne trouve aucune difficulté de cumuler son contenu. Par contre, les veines de cisaillement montrent le minimum de minéralisation et une importante déformation. Ceci est certainement dû au jeu cisailant de ces structures (Figures 6c et 6d).

La Figure 6e, présente l'évolution des fluides identifiés par l'étude préliminaire des inclusions fluides à lourirne en fonction de la température. Elle montre que le fluide L responsable de dépôt de la minéralisation aurifère est contrôlé par plusieurs facteurs thermodynamiques : Variation de température (T), pH, la fugacité d'oxygène (fO₂), l'activité de H₂S et la composition du fluide.

Ce mécanisme de déformation en valves sismiques est souvent accompagné par un phénomène de mylonitisation. Le piégeage de l'or dans le quartz microcristallin est un phénomène très commun dans les shear-zones aurifères. Il provient du broyage des formations en créant des conditions favorables à la circulation des solutions minéralisantes et au piégeage de l'or. Il est probable que dans le milieu siliceux microporeux, constitué par une mylonite de quartz ou un gel de silice, les cristaux de sulfures créent un micromilieu qui provoque la précipitation de l'or drainé par les fluides hydrothermaux. Le dépôt de la minéralisation aurifère serait donc un phénomène continu et cumulatif qui persisterait tant que le milieu microporeux serait maintenu, c'est-à-dire durant toutes les phases d'activité de la shear-zone.



Photos 1 et 2 : Textures rubanées des filons du quartz aurifère avec la distinction de zones claires et de zones sombres. (Oeil nu)

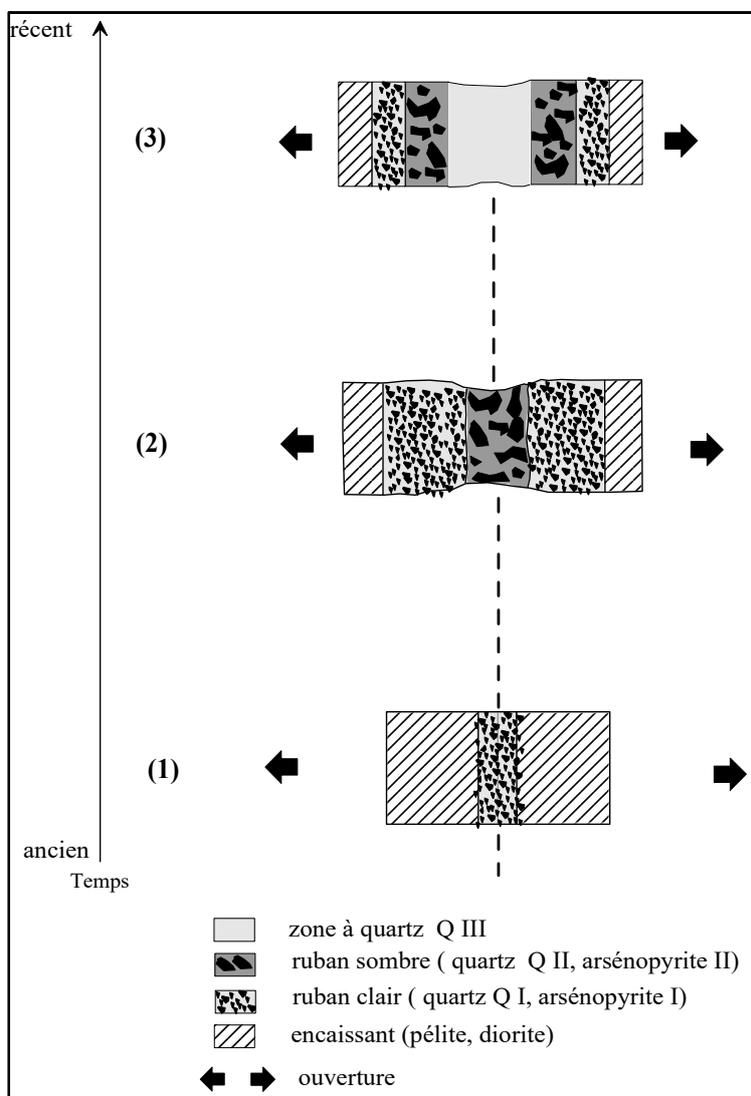


Fig. 5. Schéma de l'évolution d'un filon de quartz aurifère (en fente = R) d'Iourirne en fonction du temps [13].

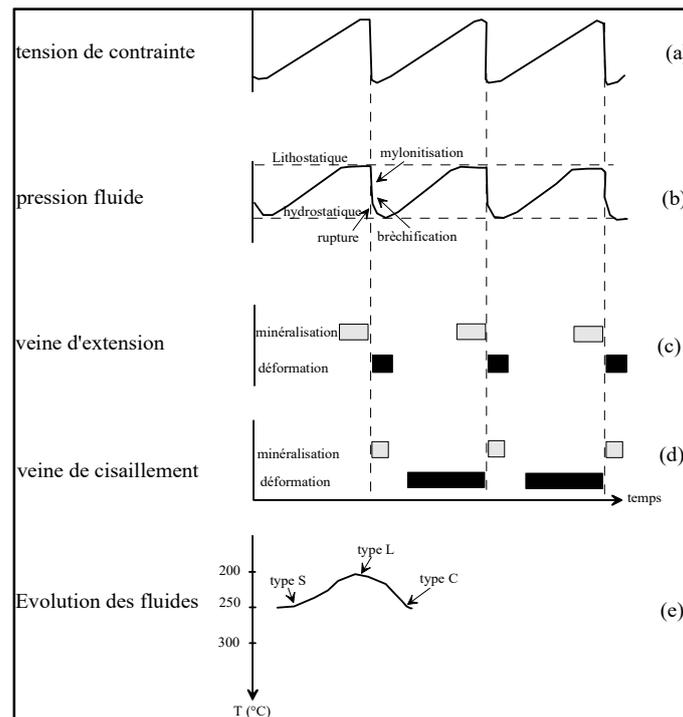


Fig. 6. Relation entre les contraintes de cisaillement, pression de fluide, minéralisation et les fluides en fonction de temps dans les filons de quartz aurifère d'Iourirne [13].

7 CONCLUSION

La minéralisation aurifère d'Iourirne est encaissée dans des roches métamorphiques cisailées. Elle se présente sous forme de filons quartzeux de direction EW et de texture bréchique. Différents stades paragenétiques ont été mis en évidence dans la zone d'Iourirne. Ils sont caractérisés par :

- L'abondance de quartz macrocristallin (QI) et un quartz intermédiaire (QI-II), auxquels sont associés des sulfures (arsénopyrite I, pyrite I, pyrrhotite, chalcopryrite) (stade 1).
- Une mylonitisation importante favorisant le développement d'un quartz microcristallin QII. La paragenèse sulfurée associée à ce stade est composée de l'arsénopyrite I et II, la pyrite I, la pyrrhotite et la chalcopryrite. Ce stade développe une importante concentration en or qui peut être libre dans le quartz ou en association avec les sulfures (stade 2).
- Développement des rubans de quartz QIII, QIV et l'abondance de carbonates (stades 3 et 4).
- Une activité supergène très importante qui affecte les quartz aurifères d'Iourirne (stade 5).
- L'étude métallographique des grains d'or a permis d'affirmer que l'or se trouve à l'état libre, principalement dans des microfissures observées optiquement dans les différentes phases sulfurées du minerai ;
- L'étude des inclusions fluides montre la présence de : (1) fluides hypersalés représentés par des inclusions triphasées de type S dans les zones de surcroissances des quartz automorphes ; (2) fluides aqueux de type L, montrant une association intime avec la paragenèse à or - sulfures, il semble être à l'origine du dépôt de la minéralisation aurifère d'Iourirne ; (3) Dans le quartz des failles plates, les fluides sont essentiellement de type carboné (types C1 et C2) ;
- Le modèle proposé pour la mise en place de la minéralisation aurifère d'Iourirne est celui des valves sismiques, dans lequel la minéralisation serait contrôlée par un certain nombre de paramètres (contrainte tectonique, pression lithostatique, pression hydrostatique, composition chimique des fluides, fugacité d'oxygène...) dont il faut faire la part d'influence de chacun de ces paramètres sur l'expression de la minéralisation aurifère.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs remerciements aux relecteurs pour les remarques qui ont contribué à l'amélioration de ce manuscrit. Nos vifs remerciements vont également à Mr. Michel Dubois Professeur à l'université Lille I. Nous tenons à remercier également la société minière Akka Gold Mining (AGM) pour l'aide qu'elle leur apportée lors des travaux de recherche dans la mine d'Iourirne surtout à monsieur Zouhair Mohamed, et Monsieur Madi, ex chef du service de géologie et tous les cadres et

le personnel de la mine, je citerai Benyass Maamar, Abdelmalek Oudjou, Mohamed Outhounjit, Laabarta Khalid, Lahssen Rakhiss...

RÉFÉRENCES

- [1] L. THIEBAUT, J. CHOUBERT, D. MATVEIEFF, et P. RAMPONT, « Rapport sur les opérations de prospection d'or dans l'Anti-Atlas ». Arch. Serv. Mines. Maroc (1939).
- [2] A. KORCHI, « Etude géophysique des filons aurifères d'Inlioua ». Rapport inédit BRPM, Rabat. Maroc (1988).
- [3] A. AITKASSI, « Note préliminaire sur certains indices aurifères dans la boutonnière d'Akka ». Rapport inédit BRPM, Rabat, Maroc (1989).
- [4] M. ZOUHAIR, « Les paléocirculations fluides dans la Tagragra d'Akka (Anti-Atlas; Maroc). Etude combinée des inclusions fluides et de la déformation des quartz aurifères, conséquences pour la métallogénie de l'or ». Thèse 3ème cycle Inst. Nat. Poly-tech. Lorraine, France, (1992) p. 393.
- [5] B. BAROUDI, M. ANNICH, A. AITKASSI, M. ZOUHAIR, « La recherche de l'or au Maroc, cas du gîte d'Iourirne et revue des indices d'or ». Chronique de la recherche minière, n° 531-532, (1998) 93-107.
- [6] G. CHOUBERT, « Histoire géologique du précambrien de l'Anti-Atlas ». Note et Mém. Serv. Géol. Maroc, n°162, (1963) p. 443.
- [7] A. MORTAJI, « La boutonnière précambrienne de Tagragra d'Akka Anti-Atlas occidental, Maroc pétrologie et géochimie des granitoïdes, filons basiques et métamorphique associées ». Thèse Univ. Nancy I, France, (1989) p. 211.
- [8] D. GASQUET, F. ROGER, F. CHLOT-PRAT, B. HASSENFORDER, T. BAUDIN, P. CHEVREMONT, A. BENLAKHDIM, A. MORTAJI, M. BENSSAOU, « Carte géologique du Maroc au 1/50 000 feuille de Tamazrara ». Note et mémoire du service géologique N°415 bis (2001) p. 95.
- [9] A. MICHARD, Elément de la géologie marocaine. Note et Mém. Serv. Géol. Maroc, n° 252, (1976) p. 408.
- [10] M. IKENNE, « La boutonnière précambrienne du Bas Draa (Anti-Atlas occidental, Maroc) : Caractérisation pétrologique et géochimique des roches magmatiques et métamorphiques et leur relation avec la déformation ». Thèse Univ. Ibn Zohr, Agadir, Maroc, (1997) p. 285.
- [11] C. MARIGNAC, « Contribution à l'étude du potentiel aurifère des Tagragra d'Akka et de Tata ». Rapport inédit BRPM, Rabat, Maroc, (1990) p. 17.
- [12] M. BENBRAHIM, M. AISSA, B. MAAMAR, M. OUTHOUNJITE, M. ZOUHAIR, « Minéralisation aurifère d'Iourirne (Bouttonnière de Tagragra d'Akka Anti-Atlas occidental, Maroc) problématique de la variation des teneurs en métal ». 17ème Colloque des Bassins Sédimentaires Marocain Rabat, (2003a) 31.
- [13] M. BENBRAHIM, « Gisement aurifère d'Iourirne (Tagragra d'Akka, Anti-Atlas occidental, Maroc) : Caractérisation pétrographique, géochimique et paléocirculations fluides ». Thèse Univ. Moulay Ismaïl, Meknès, Maroc, (2005) p. 239.
- [14] M. BENBRAHIM, M. AISSA, B. MAAMAR, M. ZOUHAIR, « Relation déformation-minéralisation des quartz aurifères du gisement d'Iourirne (Bouttonnière de Tagragra d'Akka, Anti-Atlas occidental, Maroc) ». Troisième colloque international : Magmatisme, Métamorphisme et Minéralisations Associées, Casablanca, (2003b) 123.
- [15] M. BENBRAHIM, M. AISSA, M. MAHDOUDI, M. ZOUHAIR, « Etude métallogénique du gisement aurifère d'Iourirne (Bouttonnière de Tagragra d'Akka, Anti-Atlas occidental, Maroc) ». Colloque Terre et Eau, Algérie, Annaba, (2004a) 21-24.
- [16] M. BENBRAHIM, M. AISSA, M. DUBOIS, J.L. POTDEVIN, M. ZOUHAIR Apport de l'étude préliminaire des inclusions fluides du gisement d'Iourirne (Bouttonnière de Tagragra d'Akka Anti-Atlas occidental, Maroc). Colloque de Faure Muret, (2004b) 14.
- [17] R.J. BODNAR, « Revised equation and table for determining the freezing point
- [18] depression of H₂O-NaCl solutions ». Geochim. Cosmochim. Acta, 57, (1993) 683-684.
- [19] J.G. RAMSAY, « Shear zone geometry a review », journal of structural Geology, vol.2, (1980) 83-99.
- [20] R.H. SIBSON; J.MCM. MOOR & A.H. RANKIN, « Seismic pumping a hydrothermal fluid transport mechanism »: geol. Soc. London Jour., v. 131, (1975) 653-659.
- [21] S.F. COX; M.A. ETHERIDGE, & V.J. WALL, « The role of fluids in syntectonic mass transport and the localization of metamorphic vein-type ore deposits »: Ore Geology Reviews, v.2, (1986) 65-86.
- [22] R.H. SIBSON, F. ROBERT & K.H. POULSEN, « High-angle reverse faults, fluid-pressure cycling, and mesothermal gold-quartz deposits-Geology », 16, (1988) 551-555.
- [23] R.H. SIBSON, « Brecciation processes in fault zones inference from earth quakerepturing ». Pure and applied geophysics 124, (1986) 159-175.