

PARTICULARITÉS MORPHOLOGIQUES ET MINÉRALOGIQUES DU GISEMENT AURIFÈRE D'IN-ABEGGUI (HOGGAR CENTRAL, SUD ALGÉRIEN)

Rabah BOUTRIKA* et **, Omar KOLLI, Djamal-Eddine AÏSSA**
et Tatsuro ADACHI*****

RÉSUMÉ

Le gisement aurifère d'In-Abeggui est situé dans la partie orientale du terrane de Laouni (Hoggar Central, Sud algérien). À la différence des principaux gisements aurifères du Hoggar, In-Abeggui n'est pas lié aux méga-shear zones subméridiennes mais à une marge tectonique de terrane. Les études géologiques, tectoniques, pétrographiques et minéralogiques nous ont amené à distinguer deux types morphologiques de minéralisation aurifère: (i) grands filons de quartz à tourmaline encaissés dans un massif de gabbro-diorites et (ii) stockwerk et veinules de quartz à tourmaline encaissés dans des dykes de microgranites-aplites tardifs. L'ensemble est intégré dans un contexte de bassin volcano-sédimentaire du Néo-protérozoïque. Les minéralisations sont caractérisées par une altération hydrothermale intense tandis que l'aplite est transformée en un assemblage de quartz-muscovite (greisen).

L'association minérale rencontrée dans ce gisement comprend : quartz-tourmaline-muscovite-rutile-topaze-wolframite-molybdénite-pyrite-arsénopyrite-pyrrhotite-chalcopyrite-bismuthinite-bismuth natif-galène-sphalérite-or-calcite-dolomite et les oxydes et hydroxydes de fer. Ainsi, In-Abeggui se particularise par la présence de topaze ± molybdénite ± wolframite liés aux zones greisenisées ainsi que par une abondance anormale de rutile.

Mots-clés - Hoggar Central - Orogenèse panafricaine - Or natif - Filons de quartz à tourmaline - Stockwerk - Gabbro - Aplite - Greisen.

* Département de Géologie et de l'Univers, Université Kasdi Merbah - Route de Ghardaïa 30000, Ouar-gla, Algérie. E-mail: boutrikarah@yahoo.fr

** Laboratoire de Métallogénie et de Magmatisme de l'Algérie, FSTGAT/USTHB, BP. 32 El Alia, 16111 - Algérie.

*** Kyushu University Advanced Asian Archaeological Research Center 744, Motooka, Nishiku, Fukuoka, 819-0395, Japan.

MORPHOLOGICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF IN ABEGGUI GOLD DEPOSIT (CENTRAL HOGGAR, SOUTH ALGERIA)

ABSTRACT

The In-Abeggui gold deposit is located in the Eastern part of the Laouini terrane (Central Hoggar, South Algeria). The geological, tectonic, petrographic and mineralogical studies lead us to distinguish two kinds of gold mineralization shapes: (i) big quartz-tourmaline veins hosted in gabbro-diorites massif and (ii) stockwerk and veinlets hosted in microgranites-aplites dikes. These rocks are the latest and crosscut all the structures. The whole is incorporated in the frame of a Neoproterozoic volcano-sedimentary basin. The mineralization are characterized by intensive hydrothermal alteration while aplite is transformed in quartz-muscovite association (greisen).

The mineral association encountered in this deposit is : quartz-tourmaline-muscovite-rutile-topaze-wolframite-molybdenite-pyrite-arsenopyrite-pyrrhotite-chalcopyrite-bismuthinite-native bismuth-galena-sphalerite-native gold-calcite- dolomite and iron oxides. this, In-Abeggui is characterized by the presence of topaz \pm molybdenite \pm wolframite linked to greisenised areas, as well as by plenty of rutile.

Keywords - Central Hoggar - Pan-African orogeny - Native gold - Tourmaline - quartz vein - Stockwerk - Gabbro - Aplite - Greisen.

I- INTRODUCTION

La région d'In-Abeggui est située à 210km, à vol d'oiseau, au sud-est de la ville de Tamanrasset. Ses coordonnées géographiques sont de 20° - 22° latitude Nord et de 6° - 7° longitude Est (fig. 1).

La minéralisation aurifère dans la région d'In-Abeggui fut découverte entre 1954 et 1962 lors des travaux de recherches géologiques au 1/200 000 exécutés au Sahara algérien par le BRMA (Bureau de Recherche Minière de l'Algérie).

À partir de l'année 1969, la SONAREM (actuellement Office National de la Recherche Géologique et Minière, O.R.G.M) a entrepris un vaste programme de recherche et de prospection de l'or dans la région d'In-Abeggui qui a été couronné en 1971 par la mise en

évidence du gisement d'In-Abeggui (mission de recherche et prospection, Alexandrov et Mirochniko, 1972).

Dans le massif du Hoggar (Sud algérien), cinq gisements aurifères économiques et de nombreux indices d'or ont été prospectés et mis en évidence par l'ORGM.

Les quatre gisements de Tirek, Amesmes-sa, Tekouyate et Tiririne et une série d'autres indices sont liés aux grandes failles lithosphériques orientées nord-sud, à savoir les failles principales de type méga-shear zones, principalement les accidents 2°30', 4°50' et 8°30'. Ce dernier est nommé shear-zone de Raghane et constitue la limite occidentale du métacraton saharien (Liégeois et *al.*, 1994 et 2013; Abdelsalam et *al.*, 2002). Les deux premiers constituent les limites occidentales du métacraton de LATEA, respectivement lithos-

PARTICULARITÉS MORPHOLOGIQUES ET MINÉRALOGIQUES DU GISEMENT AURIFÈRE D'IN-ABEGGUI
(HOGGAR CENTRAL, SUD ALGÉRIEN)

phérique et crustale (Liégeois *et al.*, 2003; Azzouni-Sekkal *et al.*, 2003). Ces gisements et indices sont encaissés dans des mylonites et ultra-mylonites (Attoum, 1983; Ferkous, 1995; Marignac *et al.*, 1996; Aïssa *et al.*, 2002; 2004 et 2005) (fig. 1).

Par contre, le gisement aurifère d'In-Abeggui n'est pas lié à de tels grands accidents lithosphériques subméridiens ou «mé-gashear zones», mais à une marge tectonique de terrane (Aïssa *et al.*, 2002 ; Boutrika, 2006) (fig.1). Il n'est pas encaissé dans des mylonites, mais dans un grand massif de gabbrodiorite. Il montre deux types morphologiques de filons et veinules aurifères et une paragenèse minérale différente.

L'objectif de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance des minéralisations aurifères du Hoggar à travers l'exemple

de gisement aurifère d'In-Abeggui qui apparaît, de prime abord, différent des autres gisements aurifères du Hoggar, connus actuellement.

II- MATÉRIELS ET MÉTHODES UTILISÉS

Les matériels et méthodes utilisés pour atteindre cet objectif sont les suivants :

- études géologique et structurale sur le terrain;
- études microscopiques (en lumières transmise et réfléchie) des échantillons récoltés en affleurement et sur carottes de sondage. Les échantillons proviennent du massif de gabbrodiorites et des filons de quartz aurifères encaissés dans les dykes tardifs de microgra-

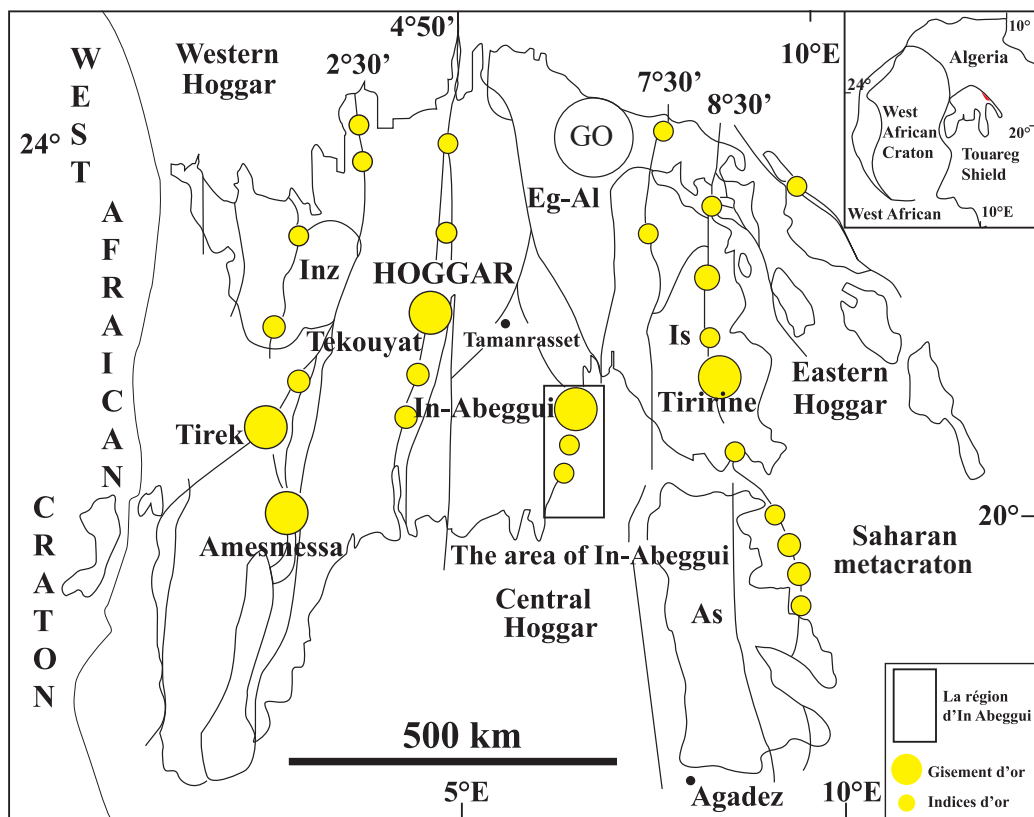


Fig. 1- Situation de la région d'In-Abeggui (Terrane de Laouni, Hoggar Central-Liégeois *et al.*, 2003).

Location of In-Abeggui area (Laouni Terrane, Central Hoggar-Liégeois and al., 2003).

nites-aplites et les stockwerk et veinules de quartz aurifères encaissés. Ces études ont été réalisées au Laboratoire de Métallogénie de l'USTHB, Alger;

- études à l'aide de la microsonde électronique, microscope électronique à balayage et diffraction aux rayons X (Laboratoire de l'Université de Kyushu, Japon) afin de déterminer, de confirmer et de quantifier toutes les phases minérales;

- études micro-thermométriques sur les quartzs aurifères afin de déterminer les caractéristiques des fluides minéralisateurs. Ces études ont été réalisées avec une platine microthermométrique Linkam au Laboratoire CREGU- Université de Nancy, France.

III- CADRE GÉOLOGIQUE

La région d'In-Abeggui est répartie sur deux feuilles géologiques au 1/200 000 (la partie sud-ouest de la feuille d'In-Abeggui et la partie nord-ouest de la feuille d'In-Atei), l'ensemble étant situé dans la région est du terrane de Laouni, au Hoggar Central.

Le gisement d'In-Abeggui est délimité par les méridiens 20°50'00", 21°06'00" latitude Nord et 6°04'00", 6°20'06" longitude Est. Sur le plan géologique, le terrane de Laouni est un élément du métacraton de LATEA (Liégeois et *al.*, 2003). Le terrane de Laouni comprend des terrains protérozoïques à reliques de roches archéennes affectés par deux métamorphismes régionaux, de haute température et d'âges controversés: paléoprotérozoïques (Bertrand et *al.*, 1986; Liégeois et *al.*, 2003) ou panafricains (Caby, 2003). Des datations U-Pb sur zircons (Bendaoud et *al.*, 2008) ont montré que le principal était éburnéen (c. 2,07 Ga) et le second, localisé le long des shear zones et des grands batholites, était panafricain (c. 630 Ma). À cela, s'ajoute un métamorphisme de haute pression (éclogites) pa-

nafricain localisé dans des nappes (Liégeois et *al.*, 2003). Un important magmatisme diversifié affecte le terrane de Laouni, il est d'âge panafricain, calco-alcalin, très potassique et syn-orogénique, alcalin postorogénique (c. 615 Ma pour le batholite d'Anfeg; Acef et *al.*, 2003) et alcali-calcique post-orogénique d'âge 520-525 Ma (Boissonnas, 1973; Azzouni-Sekkal et *al.*, 2003). Ce terrane est décrit comme constitué d'un socle éburnéen surmonté de nappes panafricaines suivies d'une tectonique transcurrente majeure (Liégeois et *al.*, 2003). Les travaux récents (Caby, 2003) mettent en évidence une extension de direction nord-sud exhumant la croûte continentale inférieure et les roches de haute pression (HP). Cela est compatible avec un raccourcissement de direction est-ouest.

Le terrane de Laouni (fig. 2), dont la forme générale est celle d'un grand losange, peut être divisé en quatre parties : (i) une partie nord caractérisée par de vastes structures en dômes et bassins où des antiformes à dominante orthogneissique et amphibolitique sont séparées par des synformes de formations para-dérivées (gneiss à biotite, sillimanite et grenat, quartzites et marbres); (ii) une partie sud presque entièrement granitisée où de rares synformes de séries métamorphiques permettent de situer le toit des batholites; (iii) une série de bassins à matériel para-dérivé où dominant des schistes noirs graphiteux et des micaschistes à grenat, associés à des péridotites serpentinisées, alignés selon une direction NO-SE et jalonnés par des massifs basiques-ultrabasiques intrusifs (Cottin et *al.*, 1998) (ce dernier domaine, nommé bassin des Monts Tessalit dans le rapport de la SONAREM (1977) sur la feuille Laouni, repose en contact anormal sur les deux autres ensembles) et (iv) un groupe de trois synformes, alignés le long de la limite est du terrane de Laouni. Ce groupe est formé de roches acides de type granite à grains très fins, de gneiss mylonitiques à amphibole et de minces niveaux de quart-

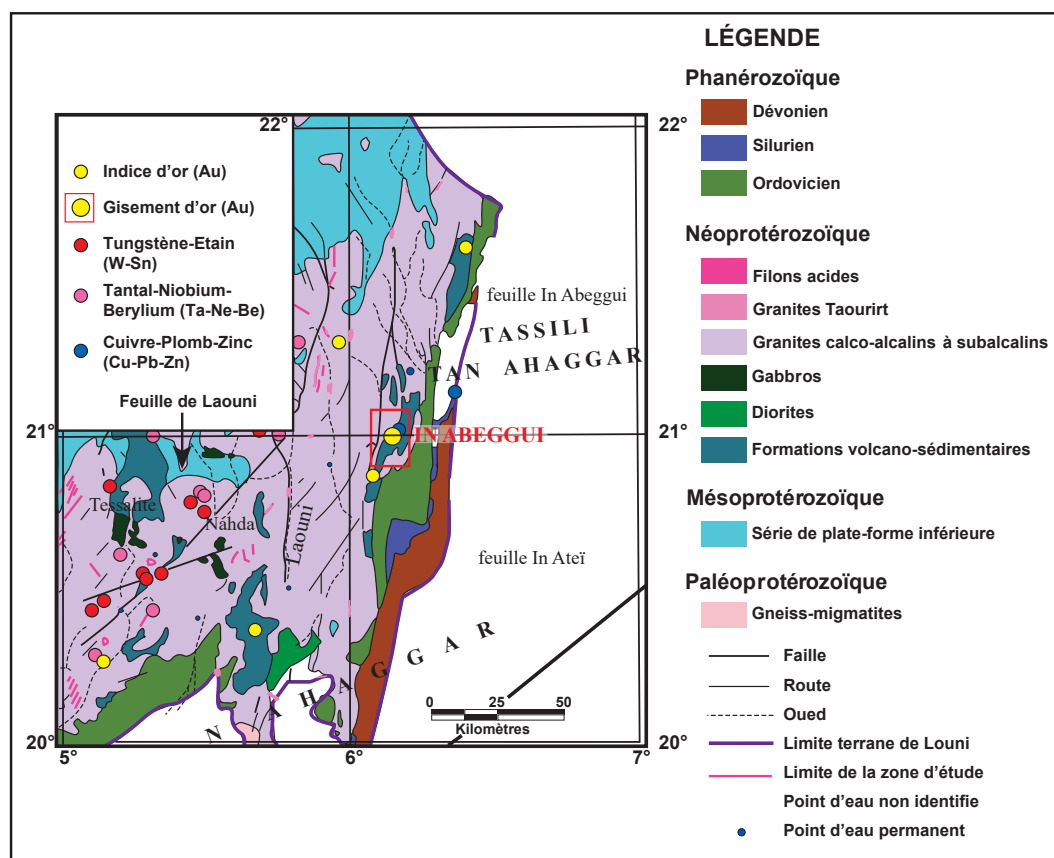


Fig. 2- Carte géologique (feuilles In-Abeggui, In-Ateï et Laouini) Terrane de Laouini (BRMA, 1977).
Geological map (In-Abeggui, In-Ateï and Laouini sheets) Terrane of Laouini (BRMA, 1977).

zites et de pyroxénites dont l'âge est encore inconnu (domaine In-Abeggui-In-Ateï). Les roches de ce groupe présentent de remarquables affinités avec celles décrites dans le terrane de Tchilit, dans l'Aïr (Liégeois et *al.*, 1998; Navez et *al.*, 1999).

Le gisement d'In-Abeggui (fig. 3) est formé de filons de quartz à tourmaline encaissés dans un grand massif de gabbro-diorite qui recoupe un batholite de granite. L'ensemble intrude les formations volcano-sédimentaires du Néoprotérozoïque. Le massif de gabbro-diorites est lui-même recoupé par des dykes de microgranite-aplites (Boutrika, 2006).

Une importante faille N-S passe par le centre de la région d'In-Abeggui et recoupe, en deux, le massif de gabbro-diorite. Cette faille, décrochante, aurait joué à plusieurs

reprises et représente vraisemblablement la structure tectonique principale qui contrôle la mise en place des minéralisations du gisement d'In-Abeggui. Ce dernier est représenté par un système de filons de quartz à tourmaline d'orientation NNE-SSO et NE-SO et des zones d'altérations hydrothermales bien développées (Boutrika, 2006).

III- PÉTROGRAPHIE DES ROCHES ENCAISSANTES

III-1. Les formations volcano-sédimentaires

L'observation de terrain montre qu'il s'agit de tufs gréseux qui présentent un granoclassement décroissant très net. Les éléments fins sont de couleur verte et passent progressivement à des éléments plus grossiers oxydés.

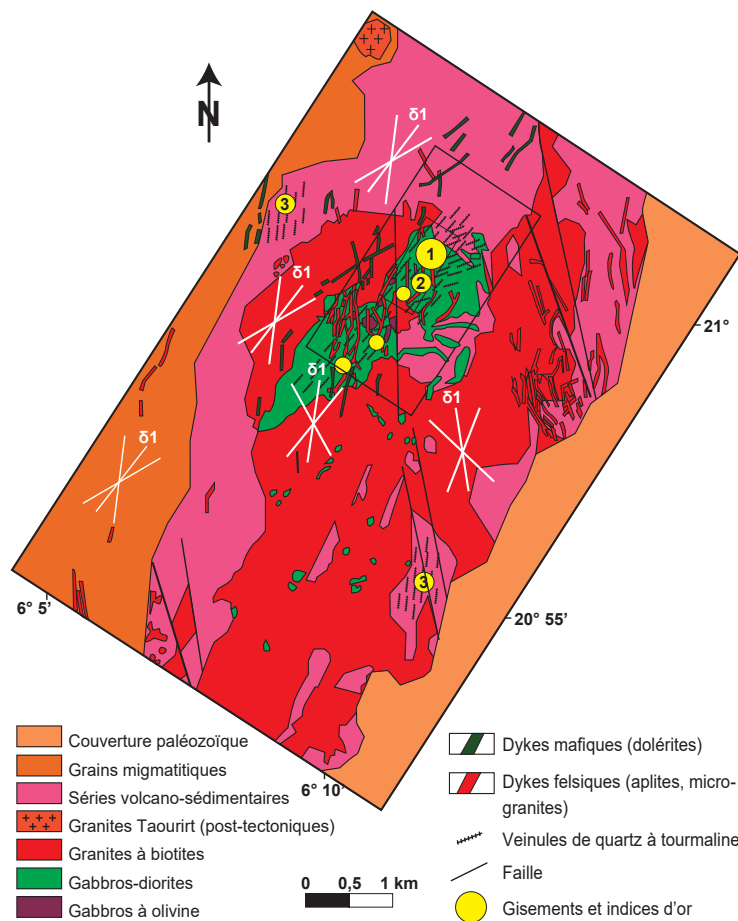


Fig. 3- Carte géologique de la région d'In-Abeggui (Boutrika, 2006).
Geological map of In-Abeggui area (Boutrika, 2006).

III-2. Les granites

Ces granites sont d'extension régionale. Ils sont de couleur gris à gris rosâtre et de texture grenue à grains moyens à grossiers, porphyroïde, à tendance granoblastique. Ils renferment de nombreux porphyroblastes de feldspath potassique et de nombreux petits xénotites de roches basiques (fig. 4a). Leur composition minéralogique est : quartz (25%), feldspath potassique (30%), plagioclase (25%) et micas (biotite : 15%; muscovite : 5%), ce qui en fait des monzogranites (fig. 4b). Le quartz (25 %) apparaît sous forme de cristaux automorphes de taille millimétrique, à face cristalline nette. Le feldspath potassique est représenté par l'orthose, très faiblement perthitique et se présente souvent en grandes plages, altérées, parfois en association avec le

quartz. Le plagioclase est de l'oligoclase en rares sections prismatiques sub-automorphes, les micas comprennent de la biotite (environ 15 %) de couleur brune, avec un pléochroïsme net et de la muscovite (5 %) qui présente un clivage parfait.

III-3. Les gabbros

Sur la carte géologique du gisement d'In-Abeggui, ces gabbros affleurent dans la partie sud-ouest du massif. Macroscopiquement, il s'agit d'une roche grossière, sombre, compacte et dense. Microscopiquement, la composition minéralogique varie des gabbros à amphiboles et pyroxène (augite) à des gabbros à olivine. Leur texture varie de finement grenue à pegmatitique.

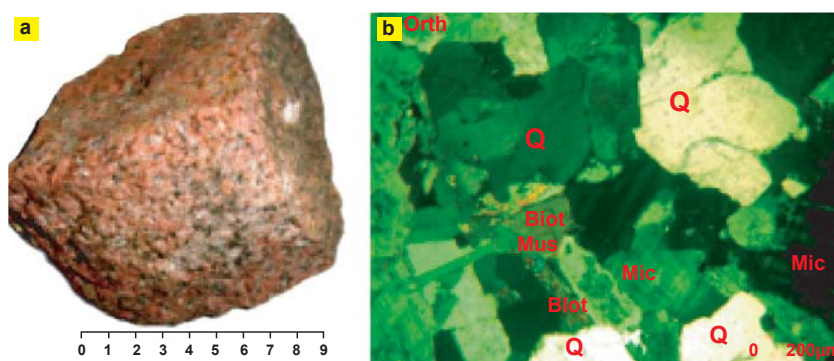


Fig. 4- Observation du granite : **a.** vue macroscopique; **b.** vue microscopique LPA GX5.
Observation of the granite : a. macroscopic view; b. microscopic view LPA GX5.

III-3-1. Les gabbros à pyroxène (augite) et amphibole - épidiorites

Microscopiquement, la roche est composée essentiellement de plagioclase (50-60%) de taille variant entre 150 et 400 μ m et de minéraux sombres (15-35%). Les plagioclases apparaissent sous forme de lattes rectangulaires parfois, pluri-millimétriques et maclées (fig. 5a), il s'agit de labradorite. Les plagioclases sont en partie substitués par des agrégats de saussurite et de séricite. Les minéraux sombres sont représentés par des pyroxènes (augites) qui sont transformés en amphiboles, transformant ces gabbros en épidiorites (fig. 5b). L'observation microscopique et l'étude à la microsonde électronique ont permis de distinguer deux types d'amphiboles : une amphibole primaire verte souvent très altérée de type magnésio-hornblende et une amphibole secondaire tardive généralement incolore et à faible pléochroïsme de type tremolite-actinote. Les deux types d'amphiboles contiennent des inclusions de quartz et des minéraux opaques isolés. Les pyroxènes sont des sections basales de couleur jaune avec un fort relief et des macles polysynthétiques de type augite, ils s'altèrent en chlorite tandis que les amphiboles s'altèrent en épidote, chlorite et calcite. L'épidotisation est développée au sein des amphiboles prismatiques (hornblende). Ces épidotes présentent des teintes jaunes-orangées (zoïsité) différentes

des teintes vert-bleuâtres (clinozoïsité). La chloritisation est souvent associée à l'épidotisation. D'après les analyses à la microsonde électronique (Éch. S25/13), ces chlorites sont plutôt ferrugineuses. La calcitisation se manifeste par la pseudo-morphose de certaines sections prismatiques d'hornblende verte.

III-3-2. Les gabbros à olivine

Les gabbros à olivine forment les appointements parsemés en amas dans la partie centrale du massif. Ce sont des roches gris foncé à grains moyens qui se distinguent des autres gabbros par la présence de l'olivine (d'environ 15 - 20%) souvent serpentinisée.

L'observation microscopique montre la présence de minéraux accessoires comme le rutile qui est particulièrement abondant dans les gabbros à olivine (1% au moins).

Presque toutes les variétés des gabbros sont plus ou moins hydrothermalisées, elles ont subi une carbonisation, une chloritisation et une épidotisation.

III-4. Les diorites

Elles se rencontrent dans la partie nord-est du gisement. Macroscopiquement, la roche est de couleur noire sombre compacte et

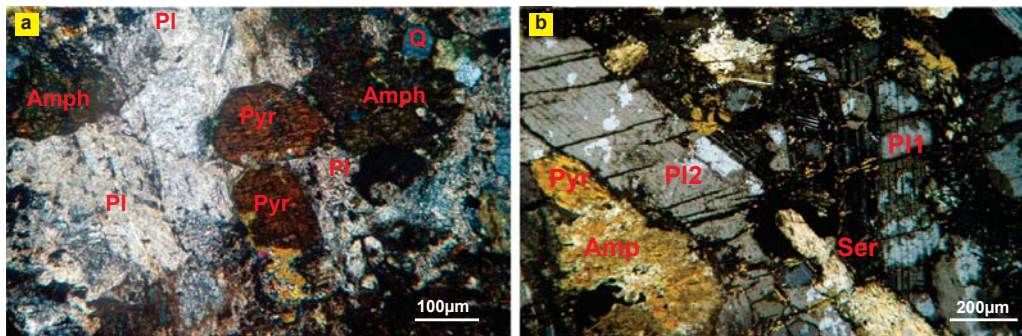


Fig. 5- a. Gabbro à amphiboles et pyroxène (augites) GX10 LPA.
b. Épidiorite (pyroxène transformé en amphibole) GX5 LPA.
a. Gabbro with amphiboles and pyroxene (augite) GX10 LPA.
b. Epidiorite (pyroxene transformed into amphibole) GX5 LPA.

dense à grains fins. Microscopiquement, elle est composée essentiellement de plagioclase (60-65%) de taille variant entre 0,2 et 0,4 mm, de biotite, d'amphibole (25-30%) et de quartz (10-15%). L'étude des plagioclases, montre qu'il s'agit d'une albite zonée. Un début de saussurisation est observé au coeur de certains cristaux.

Comparée à l'amphibole, la biotite prédomine. Dans certains faciès, la biotite est fortement altérée en chlorite ou en muscovite avec une concentration des oxydes le long des plans de clivage (fig. 6).

L'amphibole se présente sous forme de prismes automorphes. Comme minéraux accessoires, l'apatite est le plus important (maximum 10-15%). L'altération des amphiboles se traduit par la chloritisation. La texture de la roche est grenue.

III-5. Les dykes et filons d'aprites

L'observation de terrain montre, qu'ils sont localisés dans une zone orientée nord-sud, de 2 km de longueur et de 30 m de puissance. Les roches de ces filons sont blanches ou rosâtres, compactes, à grains fins.

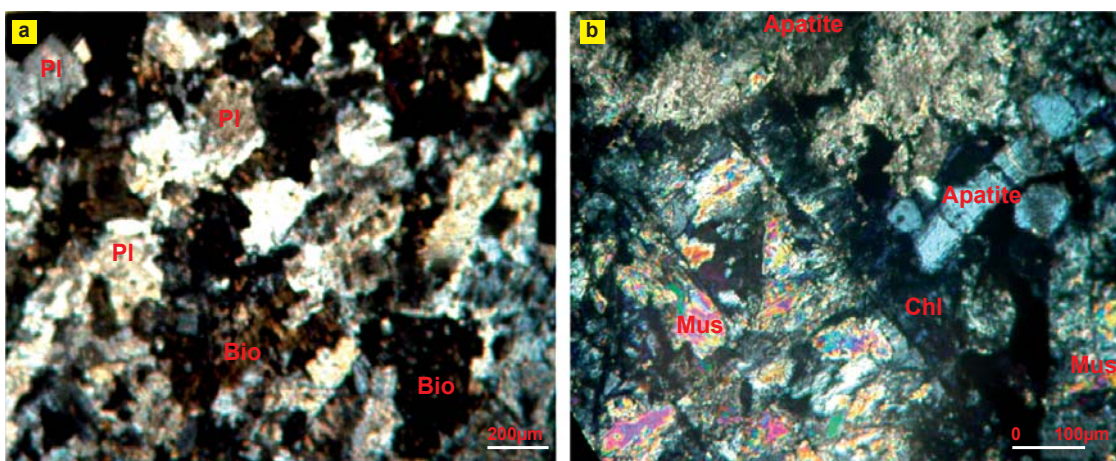


Fig. 6- Diorite : a. Cristaux de plagioclases (albite) avec des minéraux sombres (biotites et amphiboles) dans la diorite LPA GX5. **b.** Cristaux automorphes d'apatite dans les diorites du secteur intermédiaire d'In-Abeggui. Éch. K/2 LPA GX10.

a. Plagioclase crystals (albite) with dark minerals (biotite and amphibole) in the diorite LPA GX5.
b. Euhedral crystals of apatite in the diorites of the In-Abeggui intermediate sector. Sample K/2 LPA GX10.

L'étude macroscopique de quelques échantillons montre qu'ils sont constitués essentiellement de quartz blanc vitreux et de feldspaths blanc laiteux.

Le quartz se présente sous forme d'individus bien cristallisés de taille millimétrique, avec des formes particulières, généralement allongées. Du point de vue microscopique, l'aplite est composée essentiellement de quartz (40%) qui apparaît sous forme de grains xénomorphes, avec une extinction roulante (fig. 7) et une taille entre 750 μm à 1,25 mm. Le plagioclase acide est automorphe, maclé, de 750 μm de taille. Le plagioclase est altéré surtout en épidote ce qui donne naissance à de l'albite et à de la séricite. Le feldspath potassique (orthose) est abondant, il est sub-automorphe et très altéré, sa taille varie de 750 μm à 1 mm. Le minéral sombre est la biotite qui est totalement remplacée par la chlorite. Les minéraux accessoires sont le rutile, l'apatite et les minéraux opaques. Tenant compte de la texture et de la minéralogie de la roche étudiée, il s'agit d'une roche altérée à texture aplitique.

IV- GÎTOLOGIE

Le gisement d'In-Abeggui est situé dans un contexte de grand bassin volcano sédi-

mentaire d'âge néoprotérozoïque, dans lequel s'installe un énorme massif de gabbros-diorites. Ce dernier est ensuite intrudé par un batholite granitique. Tardivement, on note la mise en place d'un cortège d'aplités, de microgranites et de pegmatites. Nos études ont permis de distinguer deux types morphologiques distincts de minéralisation aurifère (i) grands filons de quartz à tourmaline encaissés dans un massif de gabbro-diorites et (ii) stockwerk et veinules de quartz à tourmaline encaissés dans des dykes de microgranites-aplités (fig. 8). Ces dernières roches sont tardives et recourent les grands filons de quartz aurifère encaissés dans les gabbros-diorites (Boutrika, 2006; Aïssa *et al.*, 2012; Marignac *et al.*, 2016).

La minéralisation est surtout concentrée sur la bordure nord du massif de gabbro-diorite, là, où la fracturation et les altérations hydrothermales sont particulièrement intenses.

La partie sud de ce massif est très peu minéralisée (fig. 8). Les grands filons, filonnets et lentilles de quartz minéralisé (une centaine) qui constituent le gisement, sont répartis en relais selon une direction moyenne NE-SO. Parfois, ils apparaissent selon une direction méridienne.

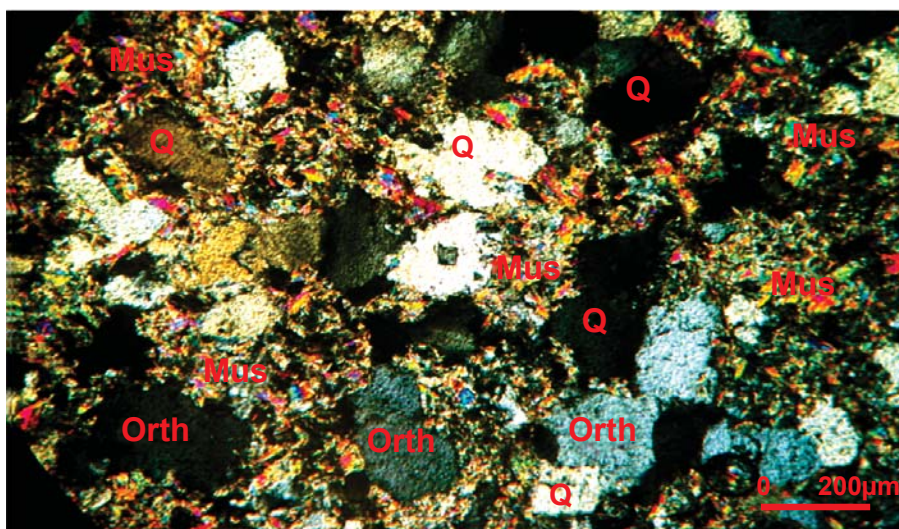


Fig. 7- Aplite greisenisée : vue microscopique GX5 LPA.

Microscopic view of greisenized aplite GX5 LPA.

Les filons présentent un pendage assez accusé (70-85° NO). La longueur des filons encaissés dans les gabbro-diorites varie de quelques mètres à une centaine de mètres et leur puissance varie de quelques centimètres (10 cm) à quelques mètres (6 m). Les épontes sont nettes. La caisse filonienne montre un remplissage massif à quartz et tourmaline ou à quartz-tourmaline et sulfures.

L'observation de terrain montre une tendance à un regroupement de filons en secteurs. C'est ainsi que plusieurs secteurs ont été définis (Alexandrov et Mirochniko, 1972; Kalabachkine et Boutrika, 1993; Kalabachkine et *al.*, 1994) à savoir le secteur central, le secteur sud, le secteur sud-ouest et le secteur intermédiaire. Les secteurs les plus intéressants qui montrent de bons affleurements sont le secteur central et le secteur intermédiaire (fig. 8).

L'observation macroscopique montre que les sulfures sont représentés essentiellement

par une forte pyritisation à cristaux cubiques. Cette pyritisation est une dissémination à travers l'ensemble de la caisse filonienne et le gabbro. Les cristaux de pyrite sont souvent altérés en hématite et limonite en surface. Les grains d'or sont rarement visibles.

IV-1. Le secteur central

Il couvre une superficie d'environ 0,24 km² et occupe la partie NE du massif de gabbro et diorite (fig. 9). Il comprend une dizaine de zones étudiées par les géologues de l'O.R.G.M (Alexandrov et Mirochniko, 1972; Boutrika, 2006).

Parmi les dix zones étudiées par l'ORGM, la zone la plus intéressante est la zone minéralisée n°1 (fig. 10). Elle est localisée dans une partie de gabbros schistosés. La largeur maximale est de 6 m tandis que la longueur est de 150 m. Elle possède une orientation et

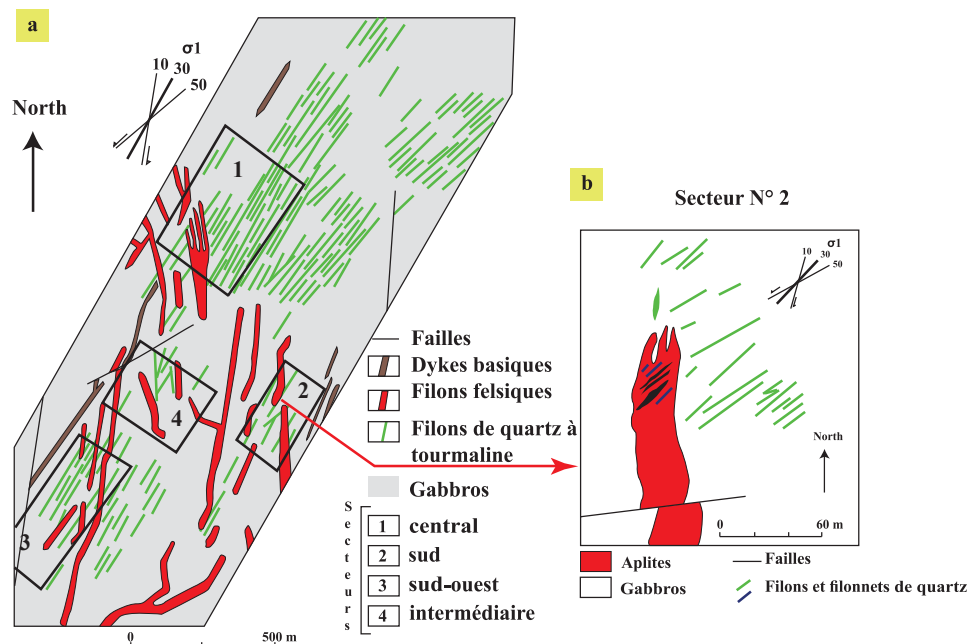


Fig. 8- a. Carte géologique schématique des secteurs d'études d'In-Abeggui. **b.** Détail qui montre que les veinules de quartz aurifère encaissées dans les dykes (ou filons felsiques) recoupent les grands filons de quartz aurifère (Boutrika, 2006).

a. Schematic geological map of the study areas on In-Abeggui. b. Detail showing that the gold-bearing quartz veinlets hosted in the dykes (or felsic veins) overlap the gold bearing quartz big veins (Boutrika, 2006).

PARTICULARITÉS MORPHOLOGIQUES ET MINÉRALOGIQUES DU GISEMENT AURIFÈRE D'IN-ABEGGUI
(HOGGAR CENTRAL, SUD ALGÉRIEN)

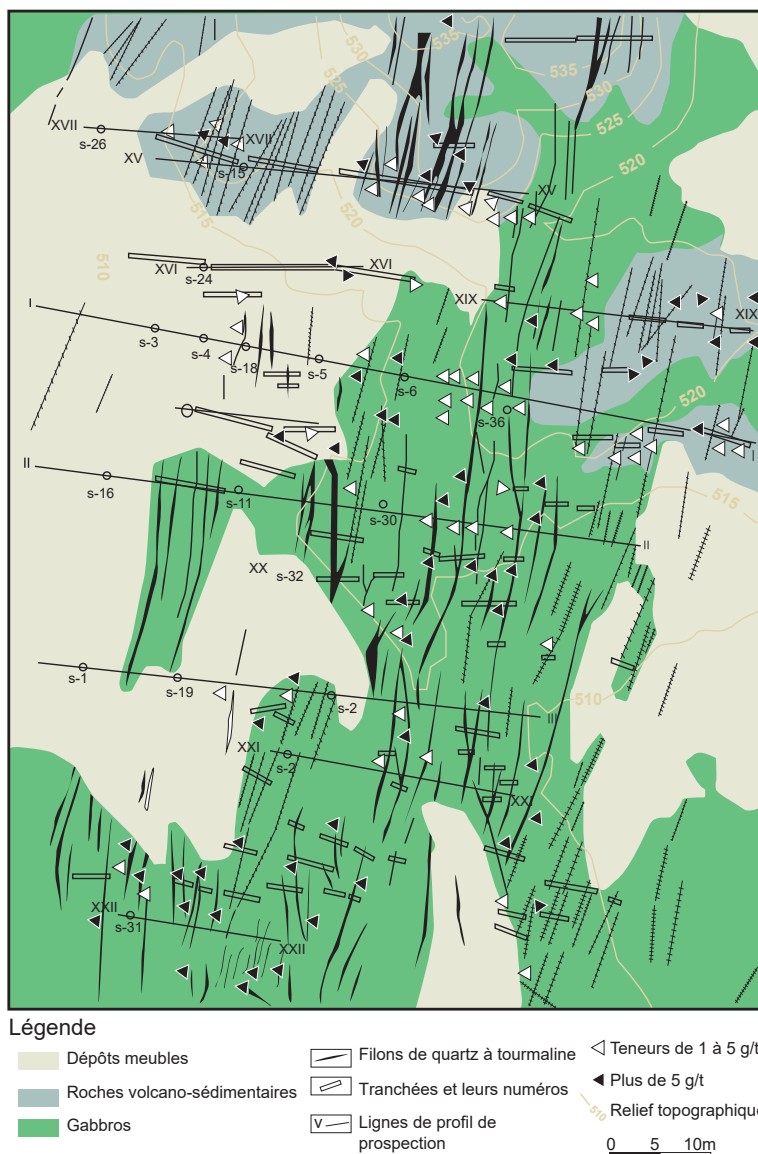


Fig. 9- Carte géologique du secteur central du gisement d'In-Abeggui.
Geological map of the central sector of In-Abeggui deposit.

configuration complexe et est liée à une faille de direction subméridienne.

La partie nord de cette zone comprend quelques filons ou corps lenticulaires (fentes de tension) de direction NE-SO disposés en relais ($L = 30$ m, $ep. = 0,3-1,5$ m), dont les filonnets sont reliés entre eux par des apophyses intermédiaires. Dans la partie sud (centre de la zone minéralisée), l'orientation des filons est quasiment subméridienne et la morphologie de la zone devient très complexe.

En allant vers le sud, il existe un filon dit principal dont l'épaisseur varie de 1 à 3 m. Du côté du toit, celui-ci est en contact direct avec un dyke de diabase. Du côté du mur, sur toute l'étendue du filon, l'observation montre beaucoup d'apophyses ramifiées d'orientation $200-220^{\circ}SO$. La distance qui les sépare varie de 1 à 5 m et elles présentent une épaisseur de 0,5 à 10 m et une longueur de 10 à 40 m.

Sur le plan (fig. 10), la zone minéralisée apparaît sous forme de structure en queue de

cheval, avec une longueur de 150 m et une puissance moyenne de 6,5 m.

Les apophyses recourent la zone schistifiée qui les encaisse, tandis que le filon principal est orienté en concordance avec le dyke de diabase. Toutes les apophyses s'amincissent et disparaissent en s'éloignant du filon principal. Du côté du toit, les apophyses sont très minces et peu nombreuses. Elles ont une orientation NE et recourent le dyke de diabase.

En surface, elle a été étudiée par 09 tranchées qui révèlent que l'épaisseur du filon principal, est de 6,5 m, ainsi que toutes les apophyses qui l'entourent.

En profondeur, la zone a été prospectée par ouvrages miniers à partir des puits 1 et 2 au niveau de 20 m (côte 493 m). Cette zone a aussi été recoupée par des sondages avancés sur 04 profils de reconnaissance équidistants de 40-60 m dans une première phase et dans une seconde phase, la maille a été resserrée

à 20 m pour avoir 22 profils. Les profils sont orientés de 130° N - à 140° N et sont perpendiculaires à la zone.

La majorité des filons de quartz à tourmaline sont localisés dans le massif de gabbrodiorite. L'observation de terrain montre que les secteurs d'In-Abeggui sont composés d'un système filonien complexe qui comprend dans le détail des filons, des filonnets, des lentilles, des veinules et des stockwerk à quartz à tourmaline (fig. 11 a et b).

L'étude macroscopique dans le secteur central du gisement d'In-Abeggui, est basée sur les observations à l'oeil nu des échantillons prélevés en surface dans les filons, les filonnets de quartz et de quartz à tourmaline à or et sulfures. La texture rencontrée est finement veinée (filonienne) et assez abondante. Les veinules sont essentiellement à remplissage de quartz et tourmaline massive avec présence de l'or natif.

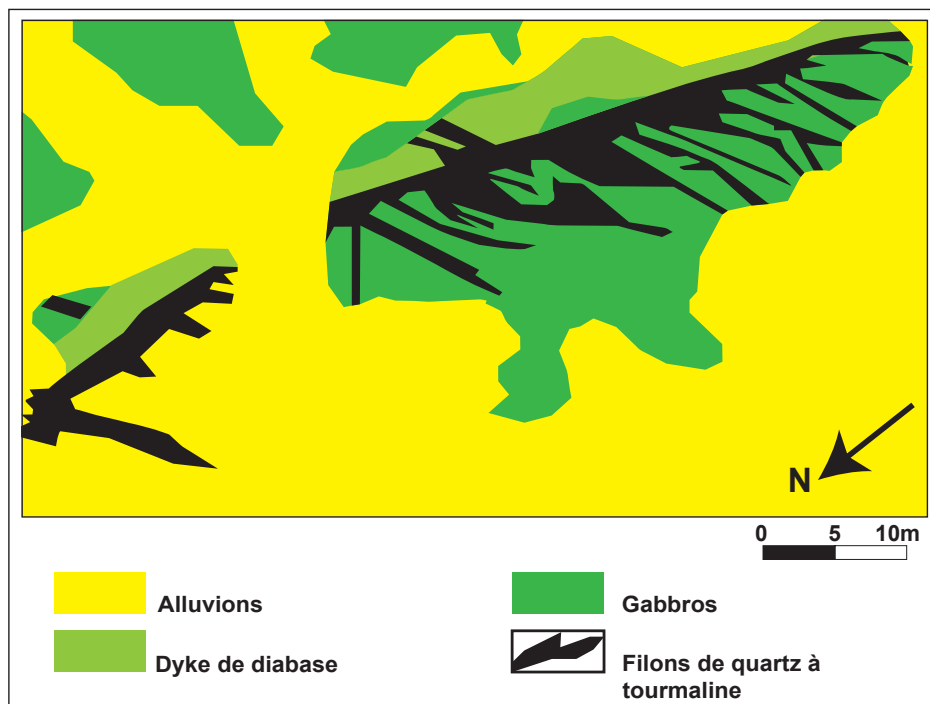


Fig. 10- Structure en queue de cheval de la zone n°1 (Boutrika, 2006).

Ponystail structure of the zone n°1 (Boutrika, 2006).



Fig. 11- a. Filon de quartz à tourmaline encaissé dans les gabbro-diorites. **b.** Filonnets et veinules de quartz à tourmaline dans les gabbro-diorites (secteur central).

a. Quartz with tourmaline vein hosted in the gabbro-diorites. b. Quartz veinlets with tourmaline in the gabbro-diorites (central sector).

L'étude microscopique montre, que la roche est constituée d'un assemblage de quartz granoblastique et de tourmaline (fig. 12). Les cristaux de quartz sont souvent aplatis suivant une direction préférentielle donnant à la roche une structure orientée et la présence abondante de tourmaline, qui se présente soit en grains xénomorphes, soit en cristaux prismatiques allongés, de taille millimétrique groupés parfois en association radiaire. L'étude montre aussi la présence abondante de rutile sous forme de baguettes groupées souvent en amas (fig. 12). La roche est recoupée par des microfissures remplies d'hydroxydes de fer. La composition minéralogique est: quartz (55%, 0,03 à 0,15 mm), tourmaline (jusqu'à 35 %, 0,08 à 1,2 mm) et minéraux opaques (hydroxydes de fer jusqu'à 10 %).

IV-2. Secteur intermédiaire

Le secteur intermédiaire est situé entre le secteur central et le secteur sud et sud-ouest du gisement d'In-Abeggui. Il comprend un filon d'aplite orienté 350° N avec un pendage de 85° E. Il affleure sur une longueur de 300 m et montre une épaisseur qui varie de 02 à 13 m. Il est encaissé dans les gabbros-diorites. En surface, ce filon d'aplite a été étudié par trois (03) tranchées transversales, son épaisseur est de 13m (fig. 13a) (Alexandrov et Mirochniko, 1972; Boutrika, 2006).

En profondeur (70 m), le sondage S12 a confirmé la présence de la minéralisation d'or (fig. 13b).

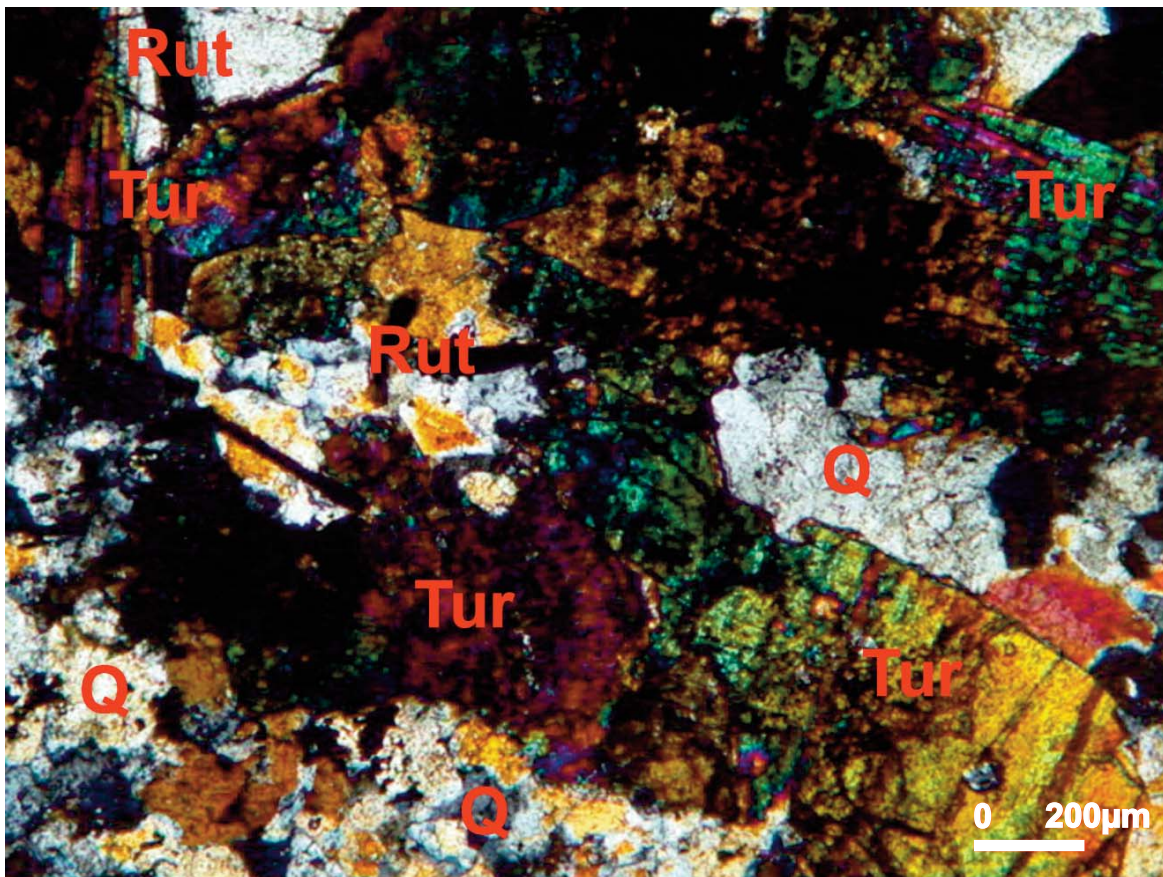


Fig. 12- Quartzite à tourmaline et baguettes de rutile (secteur intermédiaire). Éch. : n°28 GX5.

Quartzite with tourmaline and rutile rods (intermediate sector). Sample n° 28 GX5.

IV-3. Morphologie

La morphologie des filons est très complexe dans les deux secteurs d'étude, elle est influencée par différents facteurs tectoniques et lithologiques.

Parmi les nombreux filons rencontrés, on peut distinguer quatre types.

IV-3-1. Filons et filonnets de quartz à tourmaline remplissant les fractures de cisaillement

Ce sont les plus fréquents, en particulier sur certaines zones du secteur central. Généralement, leur morphologie est simple, presque

non ramifiée, les filonnets qui recoupent les gabbros sont très peu puissants (0,6 m maximum) par rapport à ceux encaissés dans les cornéennes où leur épaisseur est comprise entre 02 à 03 m. Les gabbros et les diorites sont complètement altérés et sont transformés en métasomatites silicifiées et tourmalinisées.

IV-3-2. Filons et filons lenticulaires en relais remplissant les zones en extension

Ils sont aussi très nombreux dans le secteur central (zone n°9). La figure 14, représente un exemple de la morphologie de zone n°9. Cette morphologie de zones est complexe, irrégulière, souvent en araignée, avec de nombreux gonflements et rétrécissements soudains.

PARTICULARITÉS MORPHOLOGIQUES ET MINÉRALOGIQUES DU GISEMENT AURIFÈRE D'IN-ABEGGUI
(HOGGAR CENTRAL, SUD ALGÉRIEN)

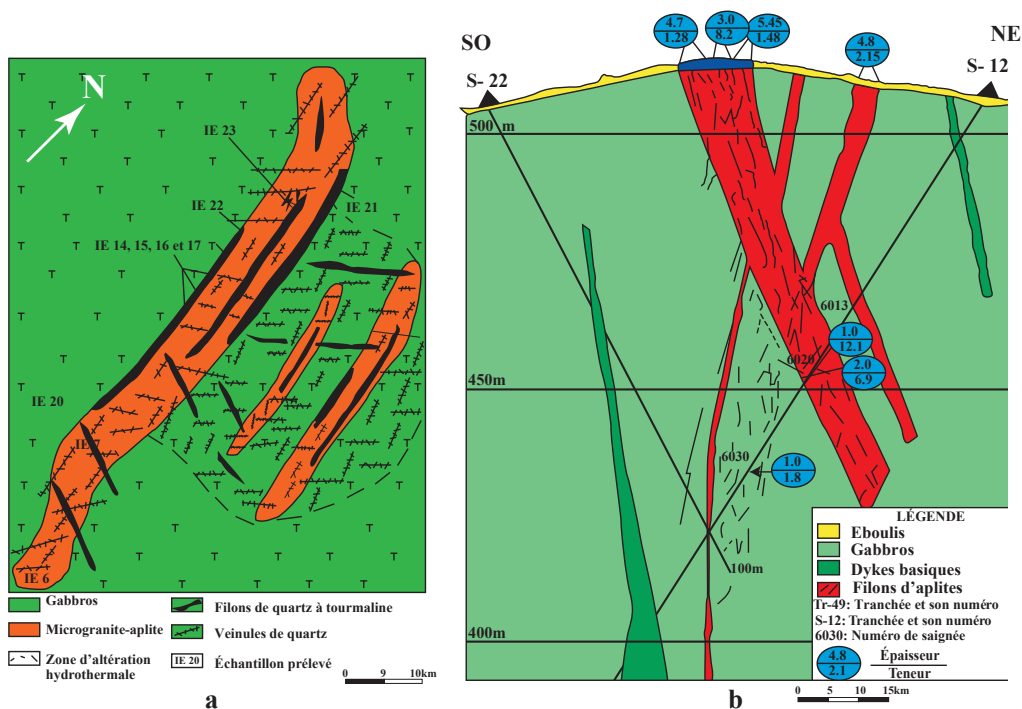


Fig. 13- a. Carte géologique schématique du secteur intermédiaire d'In-Abeggui. b. Coupe géologique passant par le filon d'aplite (secteur intermédiaire).

a. Schematic geological map of the intermediate sector of In-Abeggui. b. Geological cross-section passing through the aplite dyke (intermediate sector).

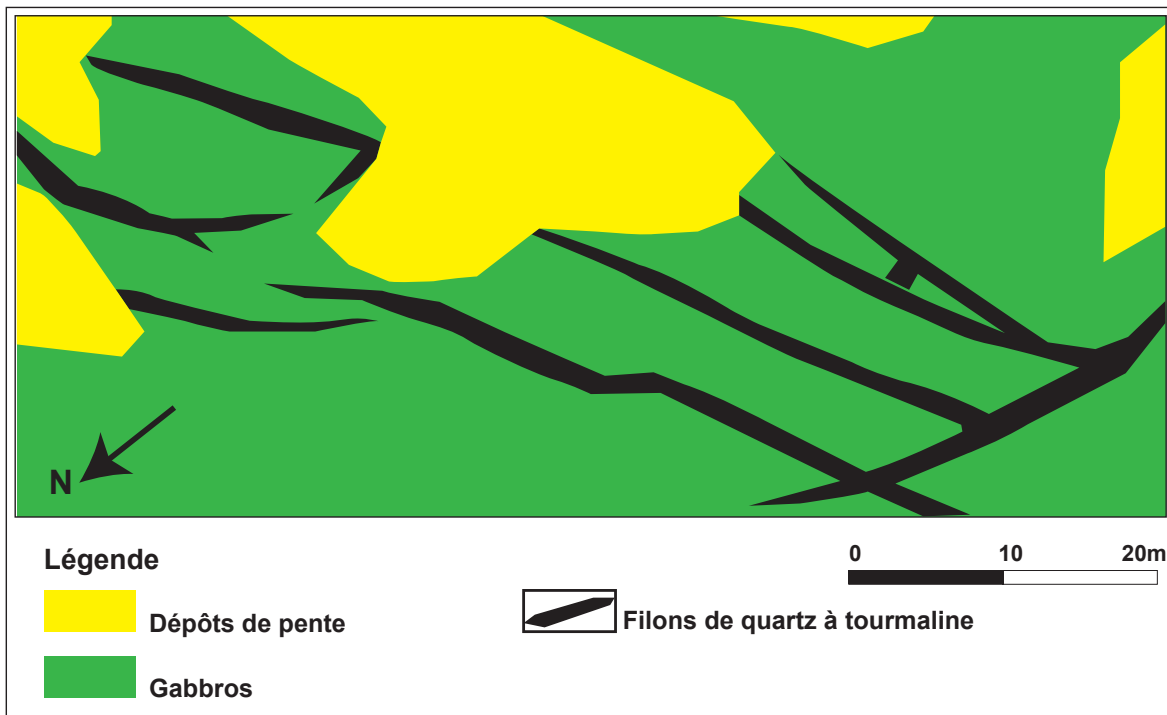


Fig. 14- Filons de quartz remplissant les fentes de tension de la zone n° 9.

Quartz veins filling the tension joint of the zone n° 9.

IV-3-3. Filons ramifiés en «queue de cheval»

orientations encaissés dans les aplites et leurs encaissants (secteur intermédiaire).

La figure 15, illustre un exemple de la zone n°5.

Ces veinules et filonnets remplissent les failles en extension (N30° E), les microgranites-aplites sont transformés en assemblage de quartz-muscovite (greisen) (fig. 16).

IV-3- 4. Stockwerk caractérisé par un réseau de veinules et de filonnets de quartz à tourmaline

Ce stockwerk est composé par des veinules de quartz et quartz à tourmaline de différentes

L'observation macroscopique montre que les sulfures sont dominés par la pyrite. Cette minéralisation apparaît sous forme d'une intense pyritisation. Les cristaux oxydés de pyrite portent souvent des particules d'or dans leurs vésicules (fig. 17 a et b).

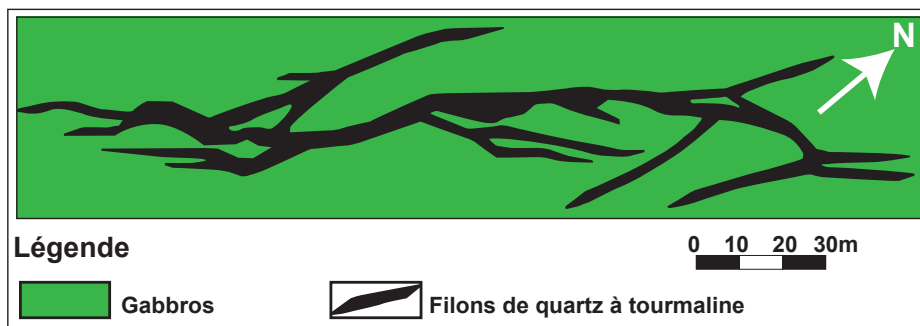


Fig. 15- Structure en queue de cheval de la zone n°5.
Ponytail structure of the zone n°5.



Fig. 16- Stockwerk de veinules de quartz à tourmaline dans le filon d'aplite.
Stockwerk of quartz with tourmaline veinlets hosted in the aplite dyke.

D'autre part, l'étude macroscopique de quelques échantillons prélevés dans les sondages a été réalisée dans la zone n°1 (fig. 18) et montre une roche de couleur sombre (noire) compacte. Il s'agit d'un gabbro recoupé par un filonnet de quartz à tourmaline avec des cristaux et veinules de pyrite qui remplissent les fissures de quartz à tourmaline et une grande plage d'or natif visible à l'oeil nu.

L'étude microscopique de la lame S25/2 montre que la roche est composée de phénocristaux automorphes à sub-automorphes et parfois, xénomorphes de quartz précoces (QI) cataclasés qui sont entourés de petits grains de quartz de deuxième génération (QII) (fig. 19 a et b), après vient la calcite. À côté des minéraux clairs, il y a des minéraux avec une teinte jaune verdâtre de grande taille de type

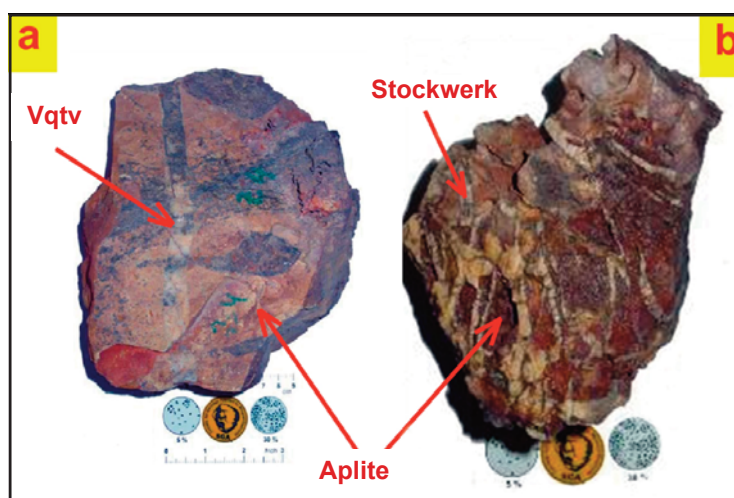


Fig. 17- a. Veinules de quartz-tourmaline aurifères (QTV) recoupant les filons d'aprites. b. Stockwerk de quartz à tourmaline aurifère encaissé dans les filons d'aprites.

- a. Gold-bearing quartz-tourmaline veinlets (QTV) overshapping the aplite dykes.
b. Quartz Stockwerk with gold-bearing tourmaline hosted in the aplite dykes.*



Fig. 18- Filonnet de quartz à tourmaline avec une grande plage d'or natif visible à l'oeil nu et petits cristaux d'or natif disséminés.

- Quartz - tourmaline vein with a coarse grains of native gold visible to the naked eye and small grains of disseminated native gold crystals.*

tourmaline primaire (TrI) sous forme de baguettes fracturées et de petits minéraux de la deuxième génération (TrII), qui recourent tardivement le quartz primaire (QI) et le quartz de la deuxième génération (QII) (fig. 19 c et d)).

On observe de grands minéraux opaques en grandes plages qui recourent l'ensemble.

V- MINÉRALISATION

La minéralisation est principalement représentée par des sulfures (pyrite et arsénopyrite), bismuthinite, le bismuth natif et l'or natif, ainsi que par des oxydes (rutil et ilménite), des oxydes de fer (hématite) et des hydroxydes de fer (goethite et limonite).

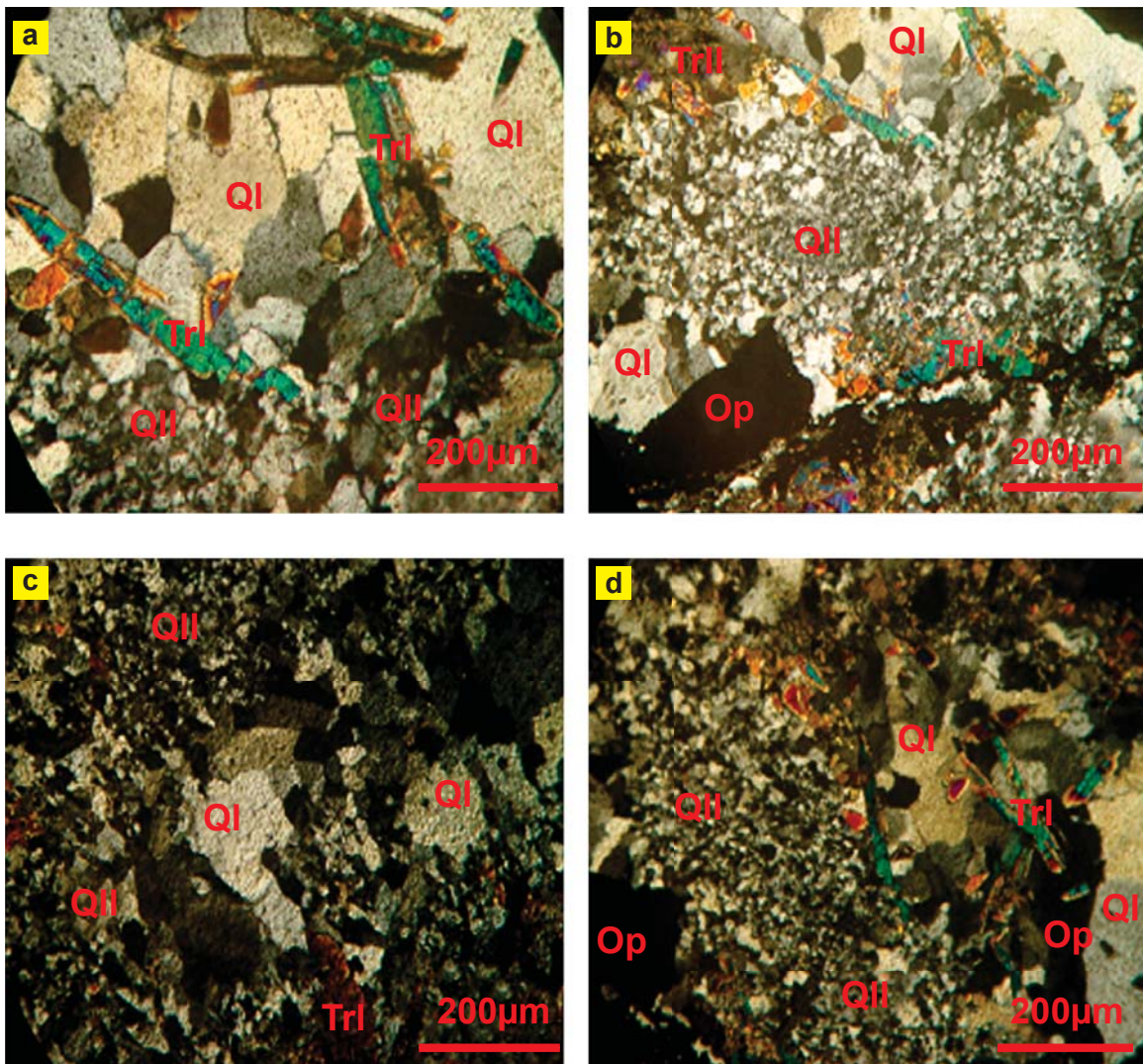


Fig. 19- Minéraux des filons de quartz à tourmaline. **a.** Baguettes de tourmalines (TrI) LPA GX5. **b.** Minéraux opaques LPA GX5. **c.** Phénocristaux de quartz LPA GX5. **d.** Cristaux de tourmaline (TrI) LPA GX5.

Quartz veins with tourmaline minerals. a. Tourmaline rods (TrI) LPA GX5. b. Opaque minerals LPA GX5. c. Quartz phenocrysts LPA GX5. d. Tourmaline crystals (TrI) LPA GX5.

V-1. La pyrite (FeS₂)

La pyrite est un minéral essentiel des filons de quartz à tourmaline (5 à 30%). On note la présence de deux types de pyrite. Le premier est typiquement cubique, d'une taille de 1-3 mm à 1-2 cm. Le deuxième type est xénomorphe avec des grains présentant des contours sinueux, irréguliers avec de nombreuses inclusions de quartz et de tourmaline. Par endroits, on observe des filonnets de pyrite d'une épaisseur de 2 cm, qui recoupent les grains de la pyrite de première génération (fig. 20).

V-2. Arsénopyrite (FeAsS)

L'étude microscopique montre que l'arsénopyrite (fig. 21), se présente sous forme d'inclusions automorphes de taille millimétrique à l'intérieur des grandes plages de pyrite maculée.

V-3 Bismuthinite et bismuth natif

L'étude à la microsonde électronique indique que la bismuthinite (Bi₂S₃) et le bismuth natif (Bi) apparaissent comme des inclusions à l'intérieur de la pyrite (figs. 22 et 23).

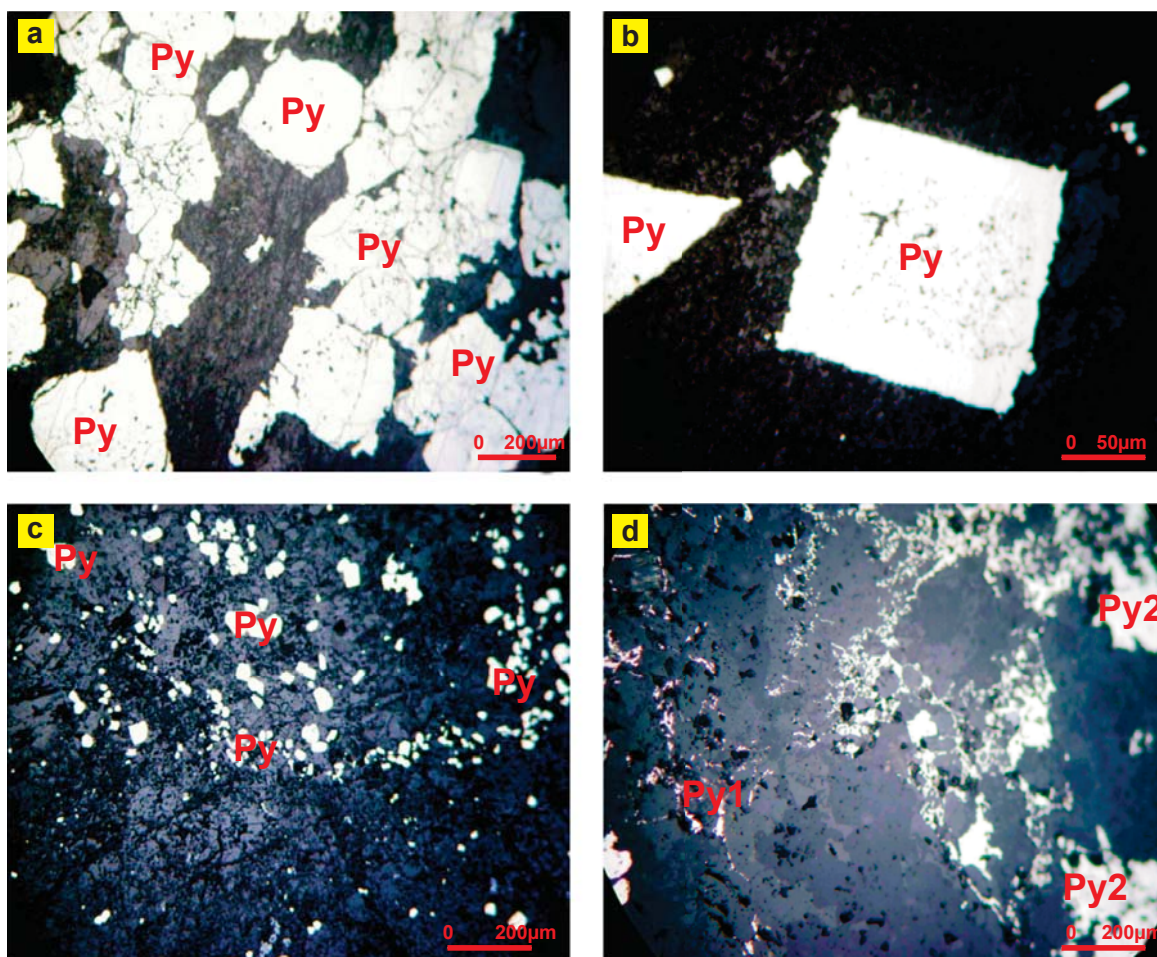


Fig. 20- a. Grands cristaux automorphes de pyrite (Py) LN GX5. Éch. 25/13. b. Grand cristal de pyrite automorphe avec un aspect coriacé LN GX20. c. Petits cristaux de pyrite (Py) disséminés LN GX5. Éch. 25/13. d. Deux générations de pyrite (Py1 et Py2) plus jaune brunâtre tardives LN GX5. Éch. 25/2.

a. Large euhedral pyrite crystals (Py) LN GX5. Sample 25/13. b. Large euhedral pyrite crystals (Py) LN GX20. c. Disseminated small pyrite crystals (Py) LN GX5. Sample 25/13.

d. Two late generations of brownish yellow pyrite (Py1 and Py2) LN GX5. Sample 25/2.

V- 4. Or natif

Les grains et les flocons de l'or natif sont visibles, à l'oeil nu, à la surface de quelques échantillons.

L'étude microscopique montre que la majorité des micro-paillettes d'or ont des dimensions visuelles de 0,1 mm, rarement de 0,5-1mm. L'or natif remplit les microfissures dans les filons de quartz à tourmaline et surtout la pyrite (fig. 24).

V-5. Topaze et wolframite ± molybdénite

Il s'agit de rares minéraux rencontrés dans des zones intensément greisenisées au sein des veinules encaissées dans les dykes de microgranites-aplites.

V-6. Oxydes, oxydes de fer et hydroxydes de fer

Les minéraux métallifères sont accompagnés par les oxydes (rutile et ilménite), les oxydes de fer (hématite) et les hydroxydes de fer (goethite et limonite).

Les études microscopiques nous ont permis d'établir une succession paragenétique minérale résumée dans le tableau I.

I.VI- ÉTUDE DES INCLUSIONS FLUIDES

Une étude préliminaire des inclusions fluides (IF) a été entreprise sur les quartz aurifères du gisement d'In-Abeggui, avec une platine microthermométrique Linkam (CREGU - Université de Nancy, France).

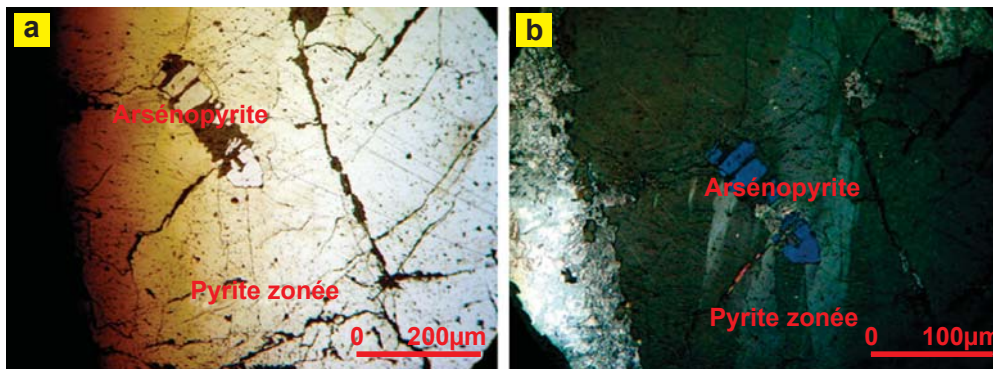


Fig. 21- Inclusion d'arsénopyrite dans la pyrite : a- en LPNA; b- observation en nicols croisés. LPA GX10.

Arsenopyrite inclusion in pyrite : a- polarized light; b- crossed nicol light LPA GX10.

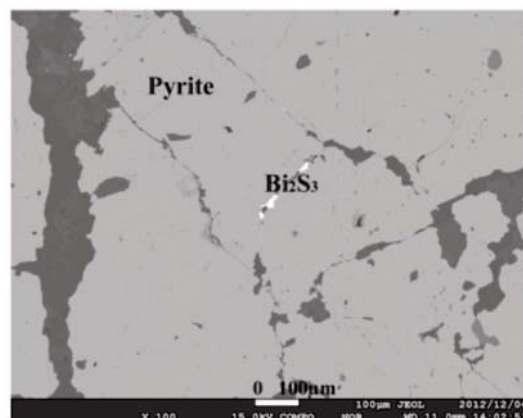


Fig. 22- Image par électrons rétrodiffusés montrant la bismuthinite et le bismuth natif (Bi) en inclusion dans la pyrite.

Backscattered electron image showing bismuthinite and native bismuth as inclusions in pyrite.

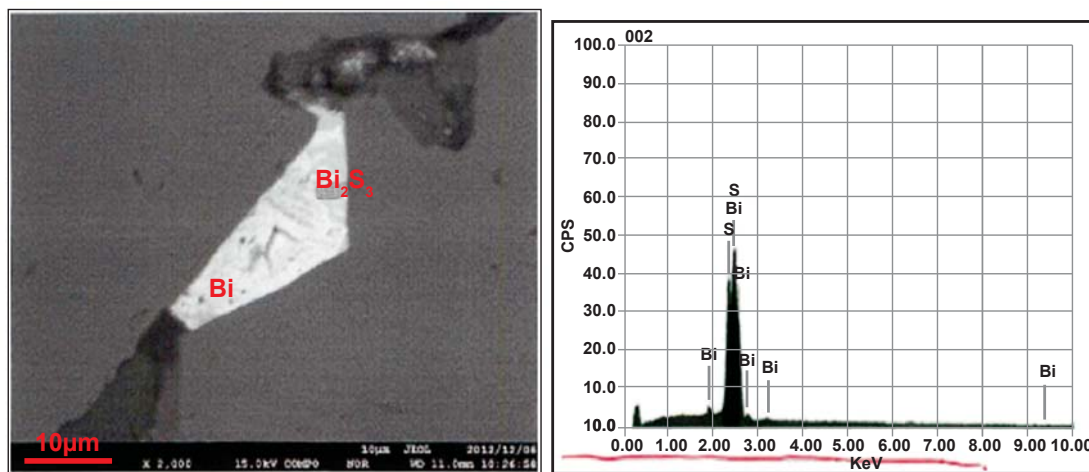


Fig. 23- Le bismuth natif (Bi) et la bismuthinite (Bi_2S_3) en inclusions dans la pyrite (Image par électrons rétrodiffusés).

Native bismuth and bismuthinite (Bi_2S_3) as inclusion in pyrite (Backscattered electron image).

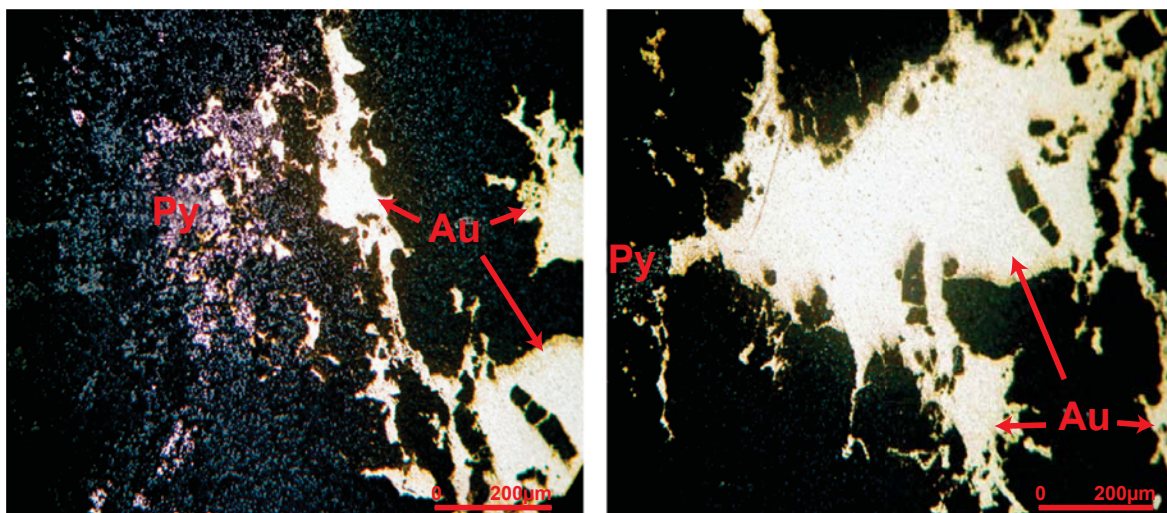


Fig. 24- L'or natif (plages et micro-veinules) à l'intérieur des filons de quartz dans un échantillon de gabbros (secteur central) LPA GX5.

Native gold (areas and microveinlets) inside the quartz veins in a gabbro sample (central sector) LPA GX5.

L'étude des inclusions fluides (IF) du gisement d'In-Abeggui a montré que ces dernières sont isolées ou associées en petits groupes. Les IF secondaires sont également présentes.

Les inclusions fluides ont été étudiées dans le quartz palissadique encaissé dans des veines de quartz aurifère affectant les filons d'aplites. Plusieurs types d'IF ont été mis en

évidence et étudiés, le tableau II résume les caractéristiques principales.

Il s'agit des inclusions fluides aquo-carboniques multiphasées et de « melt fluid inclusion » (inclusion d'origine magmatique). LwSn: inclusions similaires aux Lw, mais caractérisées par la présence d'un ou plusieurs solides (en nombre n).

Tableau I- Succession paragénetique minérale du gisement d'In-Abeggui (Boutrika, 2006).

Mineral paragenesis of In-Abeggui deposit (Boutrika, 2006).

Minéralogie	Premier stade	Deuxième stade	Troisième stade	Stade supergène
Quartz	————	————	————	
Tourmaline	————	————	————	
Muscovite		————		
Topaze		———		
Wolframite		—		
Molybdénite		—		
Pyrite	————	————		
Arsénopyrite	———			
Pyrrhotite	———			
Chalcopyrite	———			
Bismuthinite			—	
Bismuth natif			—	
Galène			———	
Sphalérite			———	
Or natif			———	
Calcite				————
Dolomite				————
Oxydes et hydroxydes de fer				————

Tableau II- Récapitulatif des résultats de l'étude micro-thermométrique.
Summary of the micro-thermometric study results.

	Rv	Tm CO ₂	Tm ice	Tm clath	Th CO ₂	Th
Lc (w)	86/90	-61,5/-59,0			11,5/18(L)	427/431 (C)
Lcw	68/72	-58,7/-58,5			16/17(L)	408/419 (C)
Lwc			-4,6			390/485 (W)
Vwc			-2,2/-0,5			418/520 (C)
Lw			-2,6/5,5			363/398 (L)

Légende :

Rv: % remplissage vapeur - **TmCO₂:** température de fusion de la phase carbonique - **Tm ice:** température de fusion de la glace ($\leq 0,0^{\circ}\text{C}$) - **Tmcl:** température de fusion des clathrates (hydrates de volatils) - **ThCO₂:** température d'homogénéisation de la phase carbonique - **Th:** température d'homogénéisation totale de l'inclusion - **Lcw :** inclusions très riches en CO₂ et pauvres en H₂O - **Lwc :** inclusions très riches en H₂O (>70%) et pauvres en CO₂ - **Vwc :** inclusions fluides aquo-carboniques biphasées ou plus rarement triphasées à phase vapeur prédominante (>50%) et homogénéisation globale en phase vapeur - **Lw :** inclusions purement aqueuses, homogénéisant en phase liquide.

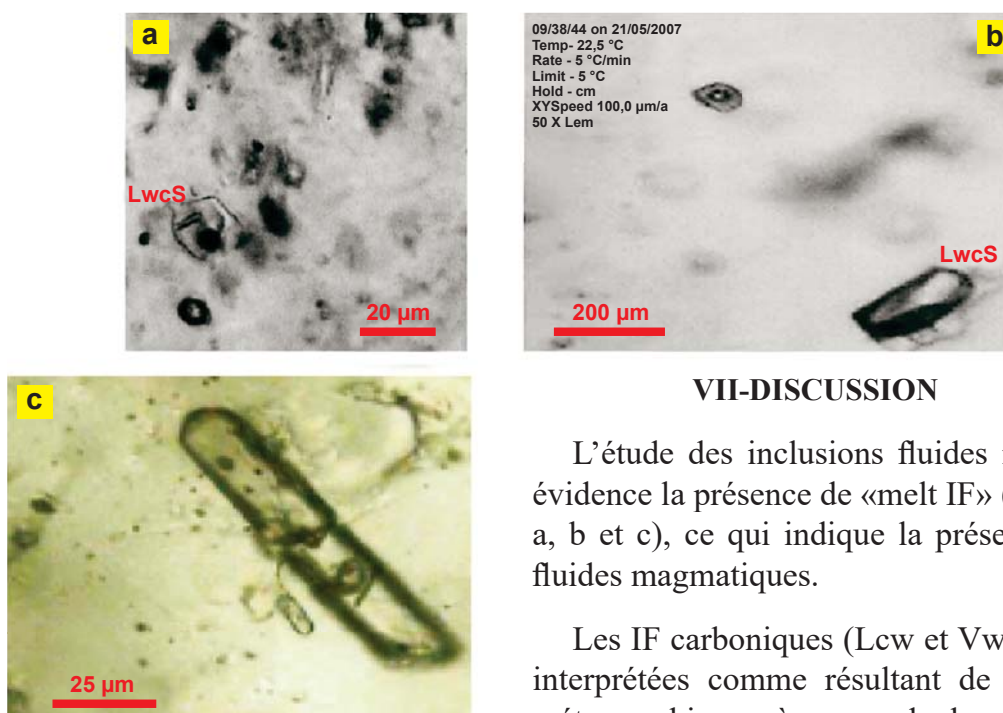


Fig. 25- a et b. IF aquo-carboniques multi-phasées LcwS/LwcS = IF caractérisées par la présence de solides. c. «Melt IF» IF magmatique.

a and b. Multiphases aquocarbonic LcwS/LwcS = IF characterized by the presence of solids. c- «Melt IF» magmatic IF.

VII-DISCUSSION

L'étude des inclusions fluides met en évidence la présence de «melt IF» (fig. 25 a, b et c), ce qui indique la présence de fluides magmatiques.

Les IF carboniques (Lcw et Vwc) sont interprétées comme résultant de fluides métamorphiques à cause de leur Th et ThCO₂ élevées. Ces fluides métamorphiques ont subi des mélanges avec des fluides magmatiques et fluides de bassin donnant respectivement les Lwc et les Lw (fig. 26).

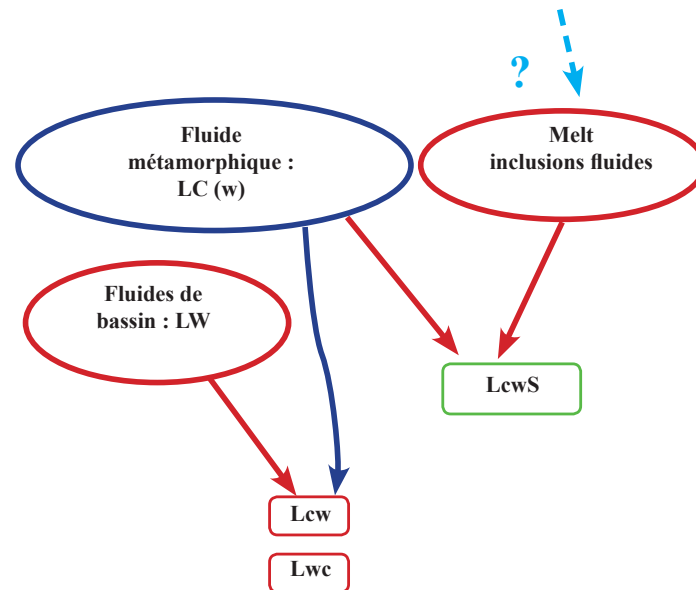


Fig. 26- Interprétation schématique de l'évolution des fluides du gisement d'In Abeggui (Aïssa et al., 2012).

Schematic interpretation of In Abeggui fluids evolution (Aïssa and al., 2012).

C'est précisément, ce mélange de fluides (Aïssa et al., 2012) qui est à l'origine de la précipitation des minéralisations aurifères à In-Abeggui (fig. 26). Il s'agit d'un processus classique invoqué dans la grande majorité des minéralisations aurifères de type orogénique (Goldfarb et Groves, 2015)

VIII- CONCLUSION

Dans le gisement d'In-Abeggui, les minéralisations aurifères se sont déposées pendant la phase tardive de l'orogénèse panafricaine (Aïssa et al., 2005), dans les mêmes conditions que les gisements aurifères de la ceinture NE de Sérido (Brésil) et la ceinture panafricaine de la plaque arabe (Araújo et al., 2002). En général, les minéralisations aurifères exprimées dans le terrane de Laouni (Hoggar Central) sont différentes des autres types connus dans le Hoggar, elles ne sont pas liées aux grands accidents lithosphériques subméridiens mais sont localisées sur les marges de terranes. Elles ne sont pas non plus encaissées dans des ultramylonites-mylonites mais dans

un grand massif de gabbro-diorite. Elles se caractérisent par deux types morphologiques de filons et veinules aurifères distincts et se distinguent par des paragenèses minérales qui sont plus variées et complexes.

En effet, en plus des minéraux de bismuth (bismuth natif et bismuthinite), on rencontre une association minérale typique des greisen (wolframite et molybdénite) ainsi qu'une abondance particulière du rutile.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ORGM pour l'autorisation d'accès au gisement d'In-Abeggui ainsi que l'utilisation des données géologiques.

Nos remerciements sont adressés aux Professeurs Y. Osanai, K. Watanabe, et Docteur Yonezu (Université Kyusyu, Japon, Faculté de la Technologie), pour leur aide dans les analyses des échantillons.

Le Professeur J.-P. Liégeois a contribué pour sa part, à la correction et surtout à l'amélioration du contexte géologique, nous lui en sommes reconnaissants.

BIBLIOGRAPHIE

- ABDELSALAM, M., LIÉGEOIS, J.-P. AND STERN, R.-J. 2002.** The Saharan metacraton. *Journal of African Earth Sciences*, 34, pp. 119–136.
- ACEF, K., LIÉGEOIS, J.-P., OUABADI, A. AND LATOUCHE, L. 2003.** The Anfeg post-collisional Pan-African high-K calc-alkaline batholith (Hoggar, Algeria), emplaced within the LATEA metacraton. *Journal of African Earth Sciences*, 37, pp. 295–311.
- AÏSSA, D.-E., TALBI, M., LAZOUNI, A. ET KESRAOUI, M. 2002.** Les minéralisations aurifères du Hoggar (Sud algérien) et leurs relations avec les zones de cisaillements lithosphériques. *Bull. Serv. Géol. Algérie*, vol. 13, n°2, pp. 93–115.
- AÏSSA, D.-E., MARIGNAC, CH. AND KESRAOUI, M. 2004.** Structural and magmatic controls on gold and rare metals in the Touareg Shield (Central Sahara, South Algeria). *20th Colloquium of African Geology - Orléans-France, June 2004, Ed. BRGM*, 41p.
- AÏSSA, D.-E., KESRAOUI, M., MARIGNAC, CH. ET SEMIANI, A. 2005.** Contrôles des minéralisations en or « orogénique » et en métaux rares du Hoggar. *1^{er} Séminaire Intern. de Géologie et de Métallogénie du Hoggar et des Eglab, Tamanrasset, mars 2005*, pp. 8–9.
- AÏSSA, D.-E., BOUTRIKA, R., GUESSOUM, N. AND MARIGNAC, CH. 2012.** Late Pan-African gold mineralization in the Laouini Terrane (Central Hoggar, Algeria): is it linked to late felsic magmatism. *PROCEEDINGS, GEO-FLUIDS VII – Internationale Conférence IFP Energies nouvelles, Rueil-Malmaison, Paris-Institut Français du Pétrole et Géofluide*.
- ALEXANDROV, V. ET MIROCHNIKO, L. 1972.** Rapport sur les résultats des recherches géologiques menées sur le gisement d'In-Abeggui et dans sa région. *SONAREM, rapport inédit*.
- ALEXANDROV, V. ET BRYZGALOV. 1973.** Rapport sur les travaux de reconnaissance et de prospection exécutés sur le gisement d'In-Abeggui et sa région. *SONAREM, rapport inédit*.
- ARAU'JO, M.-N.-C., ALVES DA SILVA, F.-C., JARDIM DE SA', E.-F. AND HOLCOMBE, R.-J. 2002.** Geometry and structural control of Au vein mineralizations in the Serido Belt, Northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 15, pp. 337–348.
- ATTOUM, A. 1983.** Étude géologique et structurale des mylonites panafricaines et minéralisations aurifères associées dans le secteur de Tirek (Hoggar, Algérie). *Thèse Doct. Ing. U.S.T.L., Montpellier*, 98p.
- AZZOUNI-SEKKAL, A., LIÉGEOIS, J. -P., BECHIRI-BENMERZOUG, F., BELAÏDI-ZINET, S. AND BONIN, B. 2003.** The «Taourirt» magmatic province, a marker of the closing stage of the Pan-African orogeny in the Tuareg Shield: review of available data and Sr-Nd isotope evidence. *Journal of African Earth Sciences*, 37, pp. 331–350.
- BENDAOU, A., OUZEGANE, K., GODARD, G., LIÉGEOIS, J.-P., KIENAST, J.-R., BRUGUIER, O. AND DRARENI, A. 2008.** Geochronology and metamorphic P–T–X evolution of the Eburnean granulite-facies metapelites of Tidjenouine (Central Hoggar, Algeria): witness of the LATEA metacratonic evolution. *Geological Society of London*, 297, pp. 111–146.
- BERTRAND, J.-M.-L., MICHARD, A., BOULLIER, A.-M. AND DAUTEL, D. 1986.** Structure and U/Pb geochronology on the Central Hoggar (Algeria): a reappraisal of its Pan-African evolution. *Tectonics*, vol. 5, n°7, pp. 955–972.
- BOISSONNAS, G. 1973.** Les granites à structures concentriques et quelques autres granites tardifs de la chaîne panafricaine en Ahaggar (Sahara central, Algérie). *Thèse de Doctorat Ès-Sciences, Univ. Paris VI, Centre de Recherches sur les Zones Arides*, série Géologie, 16, 662p.
- BOUTRIKA, R. 2006.** Contribution à l'étude des minéralisations aurifères liées aux aplites et microgranites de la région d'In-Abeggui et aux rhyolites d'Afra Héouhine (Hoggar Central). *Thèse de Magister, FSTGAT/USTHB, Alger*, 159p.

- B.R.M.A. 1977.** Inventaire et prospective des ressources minérales du Hoggar, *inédit*.
- CABY, R. 2003.** Terrane assembly and geodynamic evolution of Central-Western Hoggar: a synthesis. *Journal of African Earth Sciences*, 37, pp. 133-159.
- COTTIN, J.-Y., LORAND, J.-P., AGRINIER, P., BODINIER, J.-L. AND LIÉGEOIS, J.-P. 1998.** Isotopic (O, Sr, Nd) and trace element geochemistry of the Laouni layered intrusions (Pan-African Belt, Hoggar, Algeria): evidence for post-collisional continental tholeiitic magmas variably contaminated by continental crust. *Lithos*, 45, pp. 197-222.
- FERKOUS, K. 1995.** Filons de quartz aurifères dans une zone de cisaillement lithosphérique pan-africaine (Amesmessa-Tirek, Hoggar ouest, Algérie). *Thèse de Doctorat, Univ. Montpellier II, France*, 264p.
- GOLDFARB, R.-J. AND GROVES, D.-I. 2015.** Orogenic gold: common or evolving fluid and metal sources through time. *Lithos*, vol. 233, pp. 2-26.
- KALABACHKINE, S. ET BOUTRIKA, R. 1993.** Rapport sur la prospection détaillée sur le champ d'In-Abeggui (Feuille In Abeggui). *O.R.G.M, rapport inédit*.
- KALABACHKINE, S., SAADI, A.-A. ET MOULAY, L. 1994.** Rapport sur la prospection détaillée sur le champ d'In Abeggui (Feuille In-Abeggui). *O.R.G.M, rapport inédit*.
- LIÉGEOIS, J.-P., BLACK, R., NAVEZ, J. AND LATOUCHE, L. 1994.** Early and late Pan-African orogenies in the Air assembly of terranes (Tuareg Shield, Niger). *Precambrian Research*, 67, pp. 59-88.
- LIÉGEOIS, J.-P., NAVEZ, J., HERTOGEN, J. AND BLACK, R. 1998.** Contrasting origin of postcollisional high-K calc-alkaline and shoshonitic versus alkaline and per alkaline granitoids. The use of sliding normalization. *Lithos*, 45, pp. 1-28.
- LIÉGEOIS, J.-P., LATOUCHE, L., BOUGHRARA, M., NAVEZ, J. AND GUIRAUD, M. 2003.** The LATEA metacraton (Central Hoggar, Tuareg Shield, Algeria): behaviour of an old passive margin during the Pan-African Orogeny. *Journal of African Earth Sciences*, 37, pp. 161-190.
- LIÉGEOIS, J.-P., ABDELSALAM, M.,-G., ENNIH, N. AND OUABADI, A. 2013.** Metacraton: nature, genesis and behavior. *Gondwana, published by Elsevier*, 18p.
- MARIGNAC, CH., SEMIANI, A., FOURCADE, S., BOIRON, M.-C., JORONN, J.-L., KIENAST, J.-R. AND PEUCAT, J.-J. 1996.** Metallogenesis of the late Pan- African gold bearing East In Ouzzal shear zone (Hoggar, Algeria). *J. Metamorphic Geol.*, vol. 14, issue 6, pp. 783-801.
- MARIGNAC, C., AÏSSA, D.-E., BOUABSA, L., KESRAOUI, M. AND NEDJARI, S. 2016.** The Hoggar gold and rare metals metallogenic province of the Pan-African Tuareg Shield (Central Sahara, South Algeria): an Early Cambrian echo of the Late Ediacaran Murzukian event? *In: Bouabdellah, M. and Slack J.-F., mineral deposits of North Africa, Mineral Resource Reviews series*, pp. 371-404. *Springer International Publishing Switzerland 2016*. ISBN: 978-3-319-31731-1/DOI 10.1007/978-3-319-31733-5_6.
- NAVEZ, J., LIÉGEOIS, J.-P., LATOUCHE, L. AND BLACK, R. 1999.** The Palaeo-Proterozoic Tchilit exotic terrane (Aïr, Niger) within the Pan-African collage of the Tuareg Shield. *Journal of Geological Society of London*, 156, pp. 247-259.