

B₀ PB₀ / 1

ISSN 0764-4450

GÉOMATÉRIAUX/GEOMATERIALS
(MÉTALLOGÉNIE/ORE DÉPOSITS)

C.R. Acad. Sci. Paris
t. 319, série II,
p. 543 à 550,
1994

Relations entre cristallisations de quartz et concentrations aurifères (exemple des filons aurifères du Birimien du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest)

François Bourges, Pierre Debat, Georges Grandin, Jean-Claude Parizot, Francis Tollon,
Emmanuel Baras et Morou François Ouédraogo

F. B. : Département de Géologie,
Faculté des Sciences de Ouagadougou,
Burkina Faso ;

P. D. : Laboratoire de Géologie
Structurale et Tectonophysique,
Université Paul-Sabatier,
31400 Toulouse, France ;

G. G. : ORSTOM, Ouagadougou,
Burkina Faso ;

J.-C. P. : ORSTOM, Université
Aix-Marseille-II, France ;

F. T. : Laboratoire de Minéralogie,
Université Paul-Sabatier,
31400 Toulouse, France ;

E. B. et M. F. O. : BUMIGEB,
Ouagadougou, Burkina Faso.

Résumé Dans les filons de quartz mis en place au sein des formations birimiennes, l'or primaire (10 à 14 % Ag), associé à la chalcopryrite, se dépose au cours de la déformation progressive dans les zones de basses pressions (fentes de tension du quartz, zones d'ombre de pression et fentes de tension de la pyrite). Postérieurement, l'or est partiellement remobilisé par les fluides supergènes et recristallise en dendrites (3 % Ag) supportées par des néoformations automorphes de quartz.

Mots-clés : Or, Filons de quartz, Déformation progressive, Zones de basse pression, Birimien, Afrique de l'Ouest.

Abstract Relationships between quartz crystallizations and gold concentrations (gold quartz veins of Burkina Faso, West Africa)

In the quartz veins emplaced within the Birimian series, native gold (10 to 14% Ag) was deposited during gradual deformation in the low pressure zones (tension gashes cross-cutting the quartz foliation, pressure shadow zones and tension gashes of the pyrite). Later, partially remobilized by supergene fluids, the gold recrystallizes with a dendritic habitus. Dendrites are supported by crystallized euhedral after-quartz.

Keywords : Gold, Quartz veins, Progressive deformation, Pressure shadow zones, Birimian, West Africa.

Abridged
English
Version

INTRODUCTION

IN the Birimian greenstone belt of Bouroum-Yalogo, northern Burkina Faso, numerous gold deposits have been discovered over the last 20 years (Gangaol, Taparko, Bayildiaga, Guiro, Bouroum) (figure 1). Gold deposits, developed in shear zones, consists of gold quartz veins emplaced within metavolcanic (mainly tholeiitic basalts), metasedimentary (sandstone, quartzites, etc.) and metaplutonic series metamorphosed under greenschist facies conditions (B2 group of Feybesse *et al.*, 1990) and cross-cut by some basic and granitic plutons (Ducellier, 1963; Hottin and Ouédraogo, 1976; Ouédraogo, 1989; Milési *et al.*, 1992).

In all the deposits coexist veins composed

of different quartz types (photo 1): dark highly strained (mylonitized) quartz; brecciated quartz with dark particles and white matrix (photo 5); white undeformed quartz (photo 6). The structural characteristics of the lodes and of the quartz veins show that the different quartz types have been successively emplaced during a progressive deformation corresponding to the D₂ shear zones of Feybesse *et al.* (1990): N 170° sinistral reverse shearing in the Taparko deposit (Bourges *et al.*, 1993), shortening and shearing along conjugated non-planar faults in the Gangaol deposit (Bourges *et al.*, 1993), NS sinistral transcurrent shearing in the Bayildiaga deposit (Zongo and Nikiema, 1993).

The mineralogical study of surface samples

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 43490

Cote : B ex 1

Note

présentée par
Georges Pédro.
remise le 14 février 1994,
acceptée après révision
le 13 juin 1994.

ORSTOM Documentation



010001463

1250-8050/94/03190543 • \$ 2.00 © Académie des Sciences

543

shows the following characteristics: (i) gold is concentrated in the more highly strained quartz veins (dark veins); (ii) the gold has various habitus related to different deposit conditions.

HOST QUARTZ CHARACTERISTICS

Quartz with higher gold grades (10 to 15 g/t) is dark, massive or foliated. Massive dark quartz is made up of large crystals (some millimetres long) with orthogonal deformation bands (photo 2) and a diamond-shaped network of tensional gashes filled by small grains, indicating a dynamic recrystallization (photo 2). In foliated quartz a layering is defined by alternating black and grey layers (1 to 2 cm wide). Quartz crystals are drawn out into narrow ribbons parallel to a foliation plane and separated by thin zones of very small quartz (photo 3). Numerous open fractures filled by small recrystallized quartz crystals cross-cut the mylonitic foliation (photo 3).

Deformation bands, networks of tensional gashes, mylonitic foliation are often affected by late deformation structures: microfaults, shear bands (photo 4), kink bands. These features reveal a time evolution of the deformation conditions from ductile to ductile-brittle (Sibson *et al.*, 1988; Sibson, 1990).

GOLD HABITUS AND CHARACTERISTICS

In the more highly strained quartz veins, gold has three habitus: (i) very small isolated or clouded grains; (ii) globular or broad "en plaquettes" grains associated with pyrite; (iii) dendrites supported by euhedral quartz crystals in boxworks. The first and second habitus correspond to native gold, the third to a supergene generation.

Isolated and clouded gold grains crystallize in association with small quartz grains [microsaccharoidal quartz (Bonnemaison, 1986)] filling the network of tension gashes (massive quartz) or the open fractures orthogonal or oblique to the mylonitization planes (layered quartz). Gold (10 to 14% Ag) can be found isolated or near covellite and chalcocite (weathered chalcopyrite) grains. Chalcopyrite is often associated with pyrite in-

cluding pyrrhotite and also with sphalerite with chalcopyrite exsolutions.

Native gold is also associated with pyrite aggregates (3 to 5 cm long) elongated generally parallel to the foliation, sometimes oblique (photo 7). Aggregates are constituted by separated subeuhedral pyrite crystals or particles (1 to 2 mm long) joined together by a quartz lattice. Quartz lattice is formed by fairly large fibres (15 to 20 μm) elongated perpendicular to the pyrite faces, irrespective of the displacement direction recorded by the stretching lineation. They are face-controlled fibres (Pabst, 1931; Ramsay and Huber, 1987). On opposite sides of the aggregates, pressure shadow zones develop with quartz fibres in crystallographic continuity with the wall rocks; these are displacement controlled fibres (Ramsay and Huber, 1987). Gold which is globular or dendritic in shape grows with quartz fibres from the pyrite faces (photo 8) like chalcopyrite grains (photo 9). Within the pyrite particles themselves tension gashes develop from anisotropy surfaces [indistinct cleavages (001) and (111) or growing surfaces] (photo 10) and these are filled by gold sometimes associated with chalcopyrite (chalcocite, covellite) or by gold and quartz fibres, as in the lattice. In these gold grains the Ag grades reach 13.6% (Taparko) and 11.3% (Gangaol).

Near the land surface (0 to 50 m deep) quartz veins show pyrite boxworks (some centimetres long) resulting from the pyrite weathering (photo 11). Upon the boxwork wall constituted by a lattice of quartz fibres and primary gold grains grow euhedral unoriented quartz crystals supporting gold dendrites (photo 12). The Ag grade is low (3%).

CONCLUSION

The analysis of the relationships between the quartz crystallization and the sulphide and gold depositions reveals the development of primary gold associated with the progressive deformation of the quartz veins and of supergene gold itself related with quartz neogenesis.

The relationships between the sulphide and gold mineralizations and the deformation structures allow us to define the following succession of events: (i) quartz emplacement; (ii)

deformation of the quartz and development of a mylonitic foliation, open fractures and crystallization of the sulphides as scattered grains and clusters; (iii) evolution of the deformation from ductile to ductile-brittle with breaking up of the pyrite clusters, development of pressure shadow zones in opposite sides of the cluster and of tension gashes along the pyrite anisotropy surfaces (cleavages and growing surfaces), fluid precipitation in the low pressure zones with crystallization of quartz fibres, and gold and chalcopyrite grains which grow from the pyrite faces or fill the pyrite tension gashes (Touray, 1987; Starling *et al.*, 1989; Guillemin *et al.*, 1989; Michel, 1993), and concomitant deposition of small isolated or clouded gold

grains along the micro-saccharoidal quartz zones; (iv) sealing of the gold mineralization development by the crystallization of polygonal shaped quartz (milky white quartz). Deformation and mineralizations are progressive and evolve in parallel.

Subsequently, supergene fluids weather pyrite clusters and boxwork form. Gold is partially remobilized by the supergene fluids it crystallizes in a dendritic shape and is locally supported by crystallized after-quartz. This process is particularly well developed some metres on each side of the water table, at the foot of the oxidation zone, with gold concentrations increasing considerably in the water-table zone.

INTRODUCTION

Le sillon birimien de Bouroum-Yalogo est situé au NE du Burkina Faso. Plusieurs gîtes aurifères y ont été reconnus ces 20 dernières années: Guiro, Gangaol, Bayildiaga, Taparko, Bouroum (figure 1). Développés dans des zones de cisaillement, ils sont constitués par des filons de quartz aurifère apparaissant au sein des séries métavolcaniques datées à 2,1 Ga par Boher *et al.* (1992) (anciens basaltes tholéitiques surtout), métasédimentaires (grès, quartzites, etc.) correspondant à l'ensemble B2 de Feybesse *et al.* (1990), et méta-plutoniques métamorphisées dans les conditions du faciès schiste vert et recoupées par des intrusions de granitoïdes (Ducellier, 1963; Hottin et Ouedraogo, 1976; Ouedraogo, 1989; Milési *et al.*, 1992).

Dans ces gîtes coexistent des filons de quartz montrant des états de déformation différents (photo 1): quartz noir ou bleu-noir très déformé, mylonitisé; quartz bréchiq ue avec des éléments de quartz noir déformés, réunis par une matrice de quartz blanc peu ou pas déformé (photo 5); quartz blanc constitué par des cristaux polygonaux libres de toute trace de déformation (photo 6), avec parfois des géodes à pyramides de quartz (quartz blanc laiteux). L'organisation géométrique des filons et leur structure interne traduisent, dans les différents gîtes, une mise en place successive de veines quartzieuses au

cours d'une déformation progressive: cisaillement transcurrent senestre N 170° évoluant en cisaillement transpressif dans le cas de Taparko (Bourges *et al.*, 1993), aplatissement et cisaillement le long de failles conjuguées gauches pour le cas de Gangaol (Bourges *et al.*, 1993), cisaillement transcurrent senestre NS dans le cas de Bayildiaga (Zongo et Nikiema, 1993). Les structures cisailantes qui recoupent clairement la foliation régionale synmétamorphe peuvent correspondre aux zones de cisaillement NS et NW-SE senestres, décrites par Feybesse *et al.* (1990), phase D2. Toutefois, la zone de Taparko affecte l'important massif de tonalite qui s'étend au Sud du gisement (Bourges *et al.*, 1993), ce qui traduit un jeu ou un rejeu tardif dans l'histoire tectonique éburnéenne.

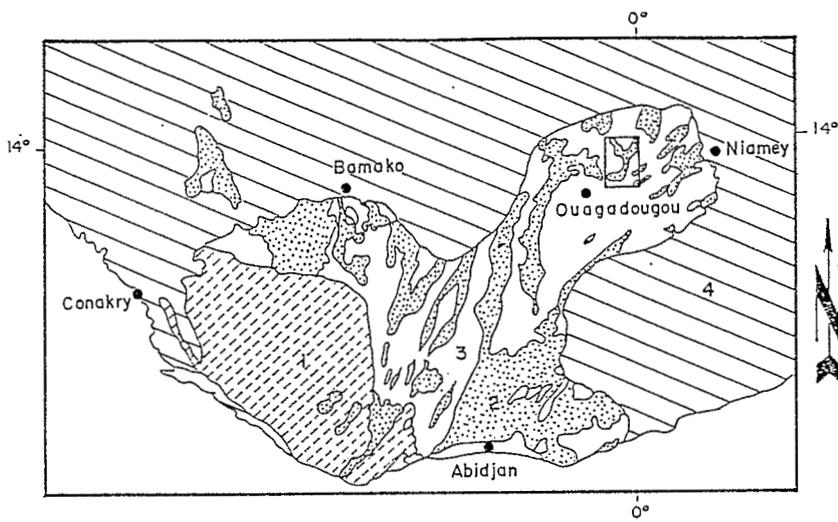
L'étude minéralogique d'échantillons prélevés près de la surface permet de constater que dans tous les gisements: (i) l'or se concentre dans les veines quartzieuses les plus déformées (veines sombres); (ii) l'or se présente avec différents habitus traduisant une évolution des conditions de dépôt.

CARACTÈRES DU QUARTZ HÔTE

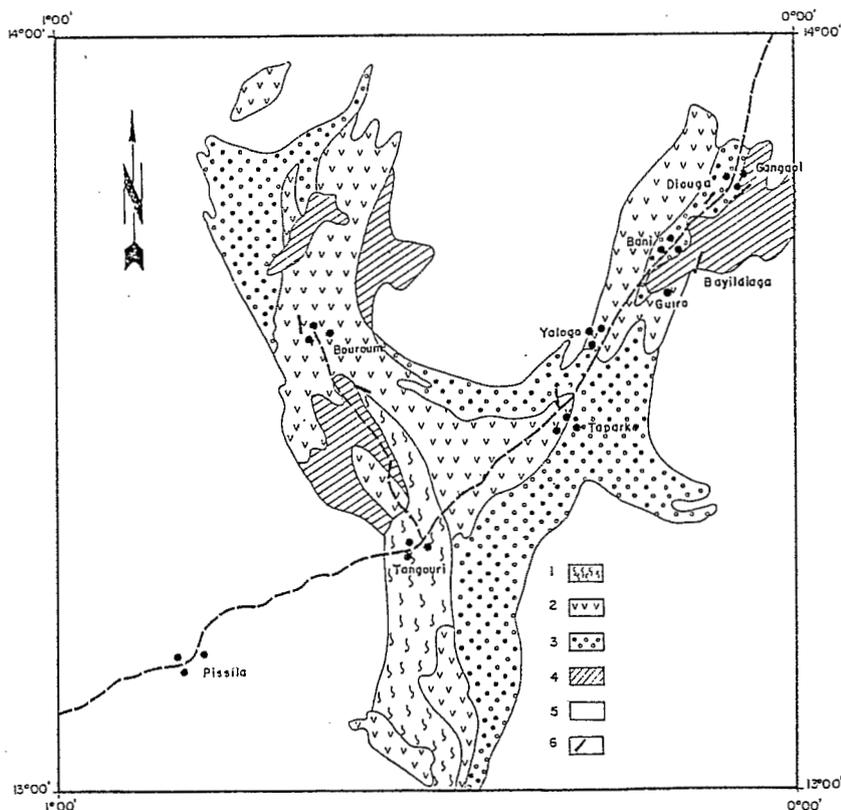
Le quartz dont les teneurs sont les plus élevées, 10 à 15 g/t, en sondages et en rainurages métriques de parois de tranchées a une couleur foncée (noire à bleu-noir) et une structure massive ou foliée. Le quartz noir

a : Localisation du sillon de Bouroum-Yalogo dans la dorsale de Man. 1 : Archéen ; 2 : formations volcaniques et sédimentaires du Birimien ; 3 : granitoïdes ; 4 : couverture phanérozoïque.
 b : Carte du sillon birimien de Bouroum-Yalogo, Nord du Burkina Faso. Localisation des principaux indices aurifères. 1 : orthogneiss ; 2 : métavolcanites basiques à intermédiaires ; 3 : série métasédimentaire ; 4 : gabbros et diorites ; 5 : granitoïdes ; 6 : gîtes aurifères.

a : Location of the Bouroum-Yalogo greenstone belt in the Man shield.
 1: Archean; 2: Birimian volcanic and sedimentary formations;
 3: granitoids; 4: Phanerozoic cover.
 b: Map of the Birimian greenstone belt of Bouroum-Yalogo, northern part of Burkina Faso. Location of the principal gold deposits.
 1: orthogneisses; 2: basic and intermediate metavolcanic rocks;
 3: metasedimentary formations;
 4: gabbros and diorites;
 5: granitoids; 6: gold deposits.



a



b

massif est formé par des cristaux de grande taille, plurimillimétriques, avec des bandes de déformation souvent orthogonales (photo 2). Ces cristaux sont affectés par de nombreuses fentes de tension organisées selon un réseau losangique en section ; les fentes sont rem-

plies par de petits cristaux équants de quartz caractérisant une intense recristallisation (Bell et Etheridge, 1976) (photo 2). Le quartz noir folié est constitué de grands cristaux découpés en lanières parallèlement à la foliation et séparés par des liserés de très petits

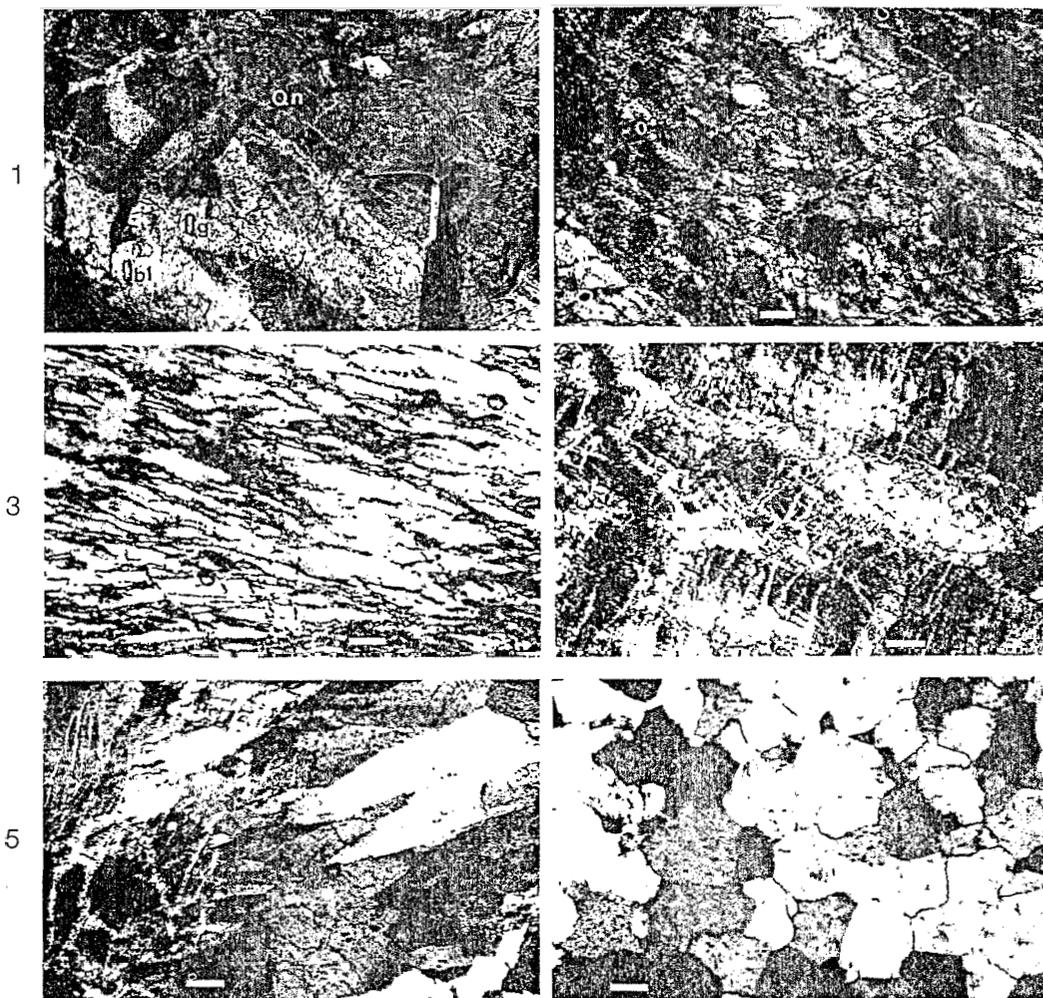


Photo 1 Filon aurifère de la zone de cisaillement de Taparko; le quartz noir (Qn) est recoupé par des veines de quartz gris (Qg) à blanc laiteux (Qbl).

2 Gold vein of the Taparko shear zone; black quartz (Qn) is cross-cut by grey quartz (Qg) and milky white quartz (Qbl) veins.

Photo 2 lame mince, lumière polarisée (LP); réseaux orthogonaux ou losangiques de fentes de tension remplies par de petits cristaux de quartz recristallisé (quartz microsaccharoïde); barre = 0,4 mm.

4 Thin section polarized light (PL); orthogonal or lozengic network of tension gashes filled by small recrystallized grains (microsaccharoidal quartz); scale bar = 0.4 mm.

Photo 3 lame mince (LP); quartz noir lité, intensément mylonitisé avec des cristaux de quartz découpés en rubans et des fractures ouvertes remplies par de très petits cristaux de quartz recoupant la foliation; barre = 0,4 mm.

6 Thin section (PL); highly mylonitized layered black quartz, ribbon structures and open fractures filled by very small quartz grains; scale bar = 0.4 mm.

Photo 4 lame mince (LP); superposition de déformation; le réseau de fentes de tension du quartz noir massif est affecté par des bandes de cisaillement tardives; barre = 0,4 mm.

6 Thin section (PL); superposition of deformations, the tension-gash network developed in the dark quartz is affected by late shear bands; scale bar = 0.4 mm.

Photo 5 lame mince (LP); contact entre le quartz noir très déformé avec de nombreuses fentes de tension et le quartz blanc encore peu déformé; barre = 0,6 mm.

6 Thin section (PL); contact between the highly strained black quartz with numerous tension gashes and the weakly strained white quartz; scale bar = 0.6 mm.

Photo 6 lame mince (LP); quartz blanc laiteux formé de grains polygonaux exempts de toute trace de déformation; barre = 1 mm.

6 Thin section (PL); milky white quartz with undeformed polygonal grains; scale bar = 1 mm.

grains équidimensionnels (photo 3). Souvent, des lits très sombres alternent avec des lits plus clairs, donnant un aspect rubané à l'affleurement. Ces structures sont recoupées par de nombreuses fractures ouvertes remplies par de petits grains de quartz recristallisés, fractures sub-orthogonales à la foliation mylonitique (photo 3).

Les différentes structures (fentes de tension, surfaces de mylonitisation) des deux types de quartz sont postérieurement affectées par des bandes de cisaillement et des microfractures plus ou moins ouvertes

(photo 4). Ces superpositions de structures marquent l'évolution du régime de déformation au cours du temps depuis un mode ductile jusqu'à un mode ductile-fragile (Sibson *et al.*, 1988; Sibson, 1990).

HABITUS ET CARACTÉRISTIQUES DES DIFFÉRENTS TYPES D'OR

L'or natif apparaît essentiellement dans le quartz le plus déformé avec trois habitus correspondant à deux générations: (i) en très petits grains de quelques microns, isolés ou

Photo 7 Section polie dans un agrégat de pyrite (Py); les cristaux de pyrite sont entourés de quartz fibreux (Q) et de grains d'or natif (Au) associés; barre = 200 μm .

Polished section, pyrite aggregate: pyrite crystals are surrounded by quartz fibres (Q) and associated native gold grains (Au); scale bar = 100 μm .



Photo 8 Fragment de pyrite (Py) en contact avec du quartz fibreux (Q) croissant perpendiculairement à la face du sulfure (observer la limite entre les deux fibres); développement d'une particule globuleuse d'or (Au) sur la face de la pyrite, à cheval sur la limite entre les fibres de quartz (l'or apparaît en transparence dans le quartz); barre = 20 μm .

Contact between pyrite piece (Py) and quartz fibres (Q): quartz fibres perpendicularly grow from the pyrite face (see the limit between the two fibres); development of globular gold grain (Au) upon the pyrite face, gold overlapping the limit between the quartz fibres (gold appear through the quartz); scale bar = 20 μm .

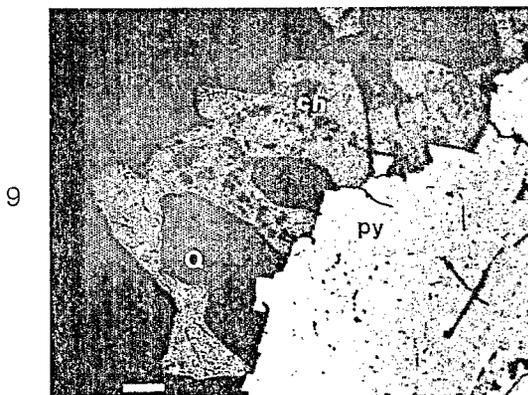


Photo 9 Section polie, lumière naturelle (LN); cristaux de quartz fibreux (Q) limitant des grains de chalcopryrite (Ch) croissant sur la face d'un cristal de pyrite (Py). L'or présente le même type de relations que la chalcopryrite avec les autres minéraux; barre = 100 μm .

Polished section, plane polarized light (LNPA); quartz fibres (Q) surrounding chalcopryrite grains (Ch) growing from the pyrite face (Py). Gold shows the same relationship with the other minerals; scale bar = 100 μm .



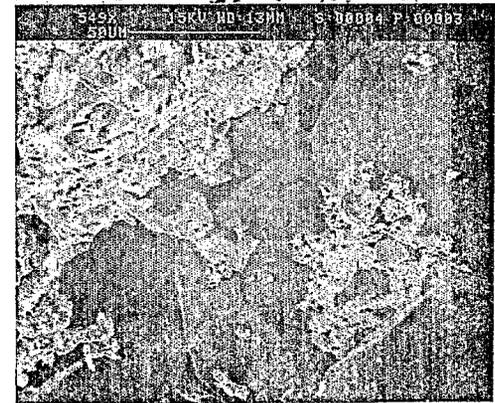
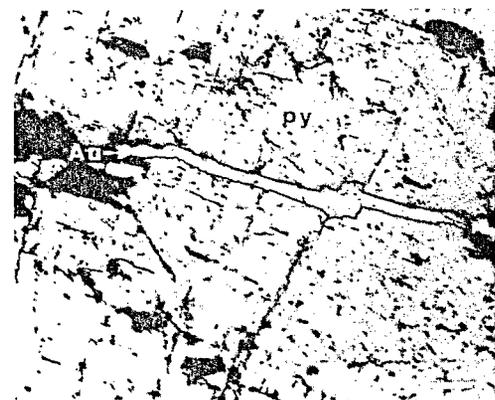
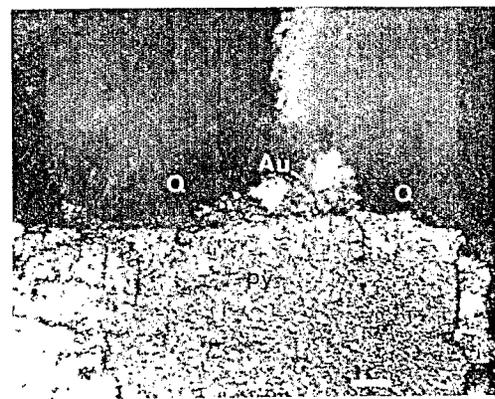
Photos 10, 11 et 12.

Légendes page suivante.

Captions on following page.

en nuages; (ii) en gros grains globuleux et en plaquettes, associés à la pyrite; (iii) en dendrites supergènes associées à des recristallisations tardives de quartz dans des « boxworks ».

L'or en très petits grains, isolés ou en nuage, cristallise en association avec le quartz remplissant les fentes de tension en réseau du quartz noir massif et les fentes perpendiculaires et obliques aux plans de mylonitisa-



tion des quartz lités [quartz microsaccharoïde (Bonnemaison, 1986)]. L'or peut être isolé des sulfures ou proche de grains de covellite et de chalcosite (chalcopryrite altérée) ou de galène; il contient 10 à 14 % d'Ag selon les gîtes. La chalcopryrite est le plus souvent associée à des pyrites à micro-inclusions de pyrrotite et à des sphalérites présentant des exolutions de chalcopryrite.

L'or natif est également associé à des

agrégats de pyrite relativement fréquents dans le quartz noir (photo 7). Ces agrégats atteignent 3 à 5 cm de dimension principale; leur forme est à tendance ellipsoïdale; en section, l'allongement est généralement parallèle à la foliation, parfois oblique. Ils sont constitués par des cristaux ou fragments de cristaux millimétriques de pyrite, séparés les uns des autres par des travées quartzuses. Les travées sont formées de fibres relativement larges (15 à 20 μm) s'allongeant perpendiculairement aux faces ou plans de cassures de ces cristaux de pyrite et donc indépendamment de la direction principale d'extension matérialisée par la foliation mylonitique. Ces sont des fibres dont la croissance est sous la dépendance des limites de l'objet rigide (Pabst, 1931; Ramsay et Huber, 1987). Aux extrémités des agrégats, en revanche, les fibres de quartz s'allongent parallèlement à la foliation et définissent une zone de « pressure shadow ». Ces fibres ont donc une croissance dépendante des directions principales de la déformation. L'or se présente sous forme de grains plus ou moins globulaires ou dendritiques, développés sur les faces de la pyrite, étroitement emballés par le quartz fibreux ou encore nettement limités par les cristaux allongés de quartz (photo 8); des grains de chalcopryrite croissent dans les mêmes conditions (photo 9). Au sein des cristaux de pyrite eux-mêmes, on observe également des fentes de tension développées à partir des surfaces d'anisotropie que sont les clivages indistincts (001) et (111) (photo 10) et les surfaces de croissance cristalline; elles sont remplies par de l'or associé parfois à de la chalcopryrite (chalcosite, covellite) ou par une association quartz-or du même type que dans les travées. La teneur en Ag de ces grains d'or natif est de 13,6% pour Taparko et 11,3% pour Gangaol; ces teneurs sont très proches de celles des petits grains isolés ou en nuages.

Enfin, dans la partie superficielle des gisements, au sein des quartz filoniens, on observe des « boxworks » millimétriques issus d'anciens agrégats de pyrite (photo 11). Les parois sont constituées par les travées de quartz fibreux auquel sont associés des grains et des plaquettes d'or natif correspondant à

ceux décrits dans la minéralisation primaire. Sur ces travées, se développent des cristaux automorphes, non orientés, de quartz; ils supportent de petites dendrites d'or (photo 12). Les teneurs en Ag de ces dendrites, estimées par analyse semi-quantitative au MEB, sont faibles, de l'ordre de 3% et, semblables à celles obtenues par analyse à la microsonde électronique de grains identiques, retrouvés en fonds de batées sur les différents sites. Cet or correspond à un or supergène dont la présence est classique dans les conditions climatiques tropicales (Freyssinet *et al.*, 1987; Colin *et al.*, 1989). Lorsque les travaux (puits et sondages) permettent d'accéder à des zones un peu plus profondes, on constate que les concentrations en or atteignent alors un maximum dans la zone de battement de nappe.

CONCLUSIONS

L'analyse des relations entre les cristallisations de quartz et le dépôt des sulfures et de l'or dans les divers gisements du sillon de Bouroum-Yalogo met en évidence l'existence d'une génération d'or natif primaire, associée au processus de déformation progressive du quartz des filons et d'une génération tardive de type supergène, elle-même liée à des néogènes quartzuses.

L'étude des relations entre les minéralisations (sulfures et or) et les structures permet de définir une succession d'événements avec: (i) mise en place du quartz; (ii) déformation du quartz et développement d'une foliation mylonitique et de fractures ouvertes et cristallisation des sulfures sous forme de grains disséminés et d'amas; (iii) déformation évoluant d'un mode ductile à un mode ductile-fragile avec dislocation des amas de pyrite, formation de zones d'ombre de pression aux extrémités et de fentes de tension suivant les plans d'anisotropie des pyrites (clivages et surfaces de croissance), précipitation des fluides dans les zones de basse pression, avec cristallisation du quartz fibreux et des grains d'or et de chalcopryrite croissant sur les faces des pyrites ou remplissant ses cassures (Touray, 1987; Straling *et al.*, 1989; Guillemin *et al.*, 1989; Michel, 1993), dépôt conco-

Photo 10 Section polie (LN); fentes de tension développées dans la pyrite (Py) suivant un plan de clivage imparfait (001) avec précipitation d'or (Au); en noir, quartz fibreux; barre = 100 μm .

Polished section (LNPA); tensional gashes developed along the indistinct cleavage (001) of the pyrite (Py) and gold precipitation; quartz fibres in black; scale bar = 100 μm .

Photo 11 « Boxworks » de pyrite à travées de quartz fibreux dans la zone d'altération supergène; dans les vides, l'or primaire (Au) est associé aux pyrites; barre = 2,5 m.

Pyrite boxworks with lattice of quartz fibres in the supergene weathering zone; in the empty spaces primary gold (Au) is associated with pyrites; scale bar = 2.5 mm.

Photo 12 Cristaux de quartz automorphes (Q) non orientés, développés dans les « boxworks » sur les travées de quartz fibreux; ils supportent des dendrites d'or supergène (Au); dans la partie supérieure gauche de la photo, or primaire avec empreinte de pyrite; barre = 14 μm .

Unoriented euhedral quartz crystals (Q) growing from the quartz-fibre lattice in the boxworks; they support supergene gold dendrites (Au); top left of the slide, primary gold with pyrite imprint; scale bar = 14 μm .

mitant de petits grains d'or isolés ou en nuages le long des surfaces associées au quartz microscopique; (iv) scellement du développement de la minéralisation aurifère par la cristallisation de quartz polygonaux (quartz blanc laiteux). On observe ainsi une évolution progressive et parallèle de la déformation et des minéralisations.

Postérieurement, les fluides supergènes

altèrent et dissolvent les amas pyriteux entraînant la formation de « boxworks »; ils remobilisent partiellement l'or qui va cristalliser sous forme de dendrites supportées localement par des néoformations de quartz. Ce processus est particulièrement développé à la base de la zone d'oxydation, les concentrations en Au augmentant nettement dans la zone de battement de nappe.

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet CAMPUS « Cartographie géologique appliquée à la recherche minière au Burkina Faso ».

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BELL, T. H. et ETHERIDGE, M. A., 1976. The deformation and recrystallization of quartz in a mylonite zone, Central Australia, *Tectonophysics*, 92, p. 171-194.
- BOHER, M., ABOUCHAMI, W., MICHARD, A., ALBAREDE, F. et ARNDT, N., 1992. Crustal growth in West Africa at 2.1 Ga, *J. Geoph. Res.*, 97, p. 345-369.
- BONNEMAISON, M., 1986. Les filons de quartz aurifère : un cas particulier de shear zone aurifère, *Chron. rech. min.*, 482, p. 55-66.
- BOURGES, F., DEBAT, P. et TOLLON, F., 1993. Mode de mise en place d'une structure filonienne en contexte birimien; exemple des filons de quartz aurifère de Gangaol (Burkina Faso), Pub. occasionnelle, *CIFEG*, 23, p. 119-123.
- BOURGES, F., BARAS, E., DEBAT, P., OUEDRAOGO, M. F., TOLLON, F., MUNOZ, M. et WENMENGA, U., 1993. Emplacement of gold bearing quartz veins in the Birimian greenstone belt of Burkina Faso, *16th Coll. of African Geol.*, Mbabane, Zwaviland, p. 45-49.
- COLIN, F., LECOMTE, P. et BOULANGÉ, B., 1989. Dissolution feature of gold particules in lateritic profile from Dondo-Mobi, Gabon, *Geoderma*, 1989, 45, p. 241-250.
- DUCELLIER, J., 1963. Contribution à l'étude des roches cristallines et métamorphiques du Centre et du Nord de la Haute Volta, *Mém. BRGM*, n° 10, 320 p.
- FEYBESSE, J. L., MILESI, J. P., OUEDRAOGO, M. F. et PROST, A., 1990. La ceinture Protérozoïque inférieure de Boromo-Goren (Burkina Faso) : un exemple d'interférence entre deux phases transcurrentes éburnéennes, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 310, série II, p. 1353-1360.
- FREYSSINET, Ph., ZEEGERS, H. et TARDY, Y., 1987. Néof ormation d'or dans les cuirasses latéritiques : dissolution, migration, précipitation, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 305, série II, p. 867-874.
- GUILLEMIN, C., JOHAN, Z. et MARCOUX, E., 1989. Le renouveau de l'or éternel, *La Vie des Sciences, Comptes rendus*, 6, 5, p. 337-367.
- HOTTIN, G. et OUEDRAOGO, F., 1976. Notice explicative de la carte géologique de la République de Haute-Volta à 1/1 000 000, *Géol. des Mines*, Ouagadougou.
- MICHEL, D., 1993. Minéralisations aurifères et morphoscopie de l'or natif, *Thèse d'Etat*, ENSG, Nancy, 221 p.
- MILÉSI, J. P., LEDRU, P., FEYBESSE, J. L., DOMMANGET, A. et MARCOUX, E., 1992. Early Proterozoic or deposits and tectonics of Birimian orogenic belt, West Africa, *Precambrian Research*, 58, p. 305-344.
- OUEDRAOGO, M. F., 1989. Éléments de synthèse sur l'évolution géostructurale et la métallogénie de la ceinture birimienne de Boromo (Protérozoïque inférieur, Burkina Faso), *Thèse d'Université*, Orléans, 200 p.
- PABST, A., 1931. "Pressure-shadows" and the measurements of orientation of minerals in rocks, *Am. Mineral.*, 16, p. 55-61.
- RAMSAY, J. G. et HUBER, M. I., 1987. *The techniques of Modern Structural Geology*, 1: *Strain analysis*, Academic Press, 307 p.
- SIBSON, R. H., 1990. Faulting and fluid flow, in *Short course on fluids in tectonically active regime of continental crust*, NESBITT, B. E., éd., Mineralogical Association of Canada, Vancouver, p. 93-132.
- SIBSON, R. H., ROBERT, F. et POULSEN, K. H., 1988. High angle reverse faults, fluid pressure cycling and mesothermal gold deposits, *Geology*, 16, p. 551-555.
- STRALING, A., GILLIGAN, J. M., CARTER, A. H. C., FOSTER, R. P. et SAUNDERS, R. A., 1989. High-temperature hydrothermal precipitation of precious metals on the surface of pyrite, *Nature*, 340, p. 398-300.
- TOURAY, J. C., 1987. Transport et dépôt de l'or dans les fluides de la croûte continentale, *Chr. rech. min.*, 488, p. 43-53.
- ZONGO, R. et NIKIEMA, S., 1993. Les filons de quartz aurifères de Bayildiaga (un exemple de fentes de tension en échelon), *Symposium sur le Protérozoïque inférieur*, Dakar.