



Gisements aurifères

Résumés de la sélection bibliographique

de la Chronique de la recherche minière

(1990-1995 - nos 500 à 518)

Ph. Lagny

juin 1995
R 38475

numéro de référence R 0000 2164

BRGM
DIRECTION DE LA RECHERCHE
Département Métallogénie et Géodynamique
BP 6009 - 45060 ORLEANS Cedex 02 - France - Tél.: (33) 38 64 34 34

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

LAGNY Ph. (1995) - Gisements aurifères. Résumés de la Sélection bibliographique de la Chronique de la recherche minière (1990-1995 - n^{os} 500 à 518). Rap. BRGM R 38475, 104 p.

© BRGM 1995 : ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

INTRODUCTION

Dans ce fascicule, nous avons regroupé l'ensemble des résumés d'articles concernant les gisements aurifères parus dans la sélection bibliographique de la revue "Chronique de la recherche minière" de septembre 1990 (n° 500) à mars 1995 (n° 518).

Nous avons pensé que ce document pourrait intéresser l'ensemble des géologues concernés par l'étude des gîtes minéraux, qu'ils soient à la Direction de la Recherche, au Service Minier National ou au Service Géologique National.

Les résumés d'articles ont été répartis en un certain nombre de chapitres correspondant généralement à des grandes familles de gisement :

- Amas sulfurés volcano-sédimentaires riches en or et gisements exhalatifs-sédimentaires	5
- Conglomérats aurifères	17
- Gisements mésothermaux	23
- Gisements des systèmes porphyriques (porphyres à Cu-Au, skarns aurifères, mantos).....	53
- Gisements épithermaux	61
- Gisements d'altération supergène	81
- Divers (contenant en particulier des articles sur des gisements atypiques)	85
- Gîtologie régionale	93

Ont alimenté régulièrement la sélection bibliographique de la Chronique :

Michel Jébrak, Philippe Lagny, Jean Lhégu, Jean-Claude Michel et Georges Pouit.

Ont également apporté leur contribution dans le domaine des publications consacrées aux gisements aurifères :

Vincent Bouchot, Jean-Marc Leistel et Jean-Luc Lescuyer.

La relecture et la préparation des textes pour édition ont été assurées par Jocelyne Marpeaux et Chantal Chauveau-Périn.

AMAS SULFURES VOLCANO-SEDIMENTAIRES
(riches en or)

GISEMENTS EXHALATIFS-SEDIMENTAIRES

Bernier L.R., MacLean W.H. (1993). - Lithogeochemistry of a metamorphosed VMS alteration zone at Montauban, Greenville Province, Québec. *Explor. Mining Geol.*, **22**, n° 4, pp. 367-386.

On pouvait se demander si le protolithe des gneiss de l'encaissant du gisement de sulfures massifs de Montauban était volcanique et/ou sédimentaire (voir note de lecture dans la Chronique n° 492, 1988). L'étude lithogéochimique (majeurs et traces) de ces gneiss datés à 1440 Ma permet d'en faire des équivalents métamorphisés de volcanoclastites rhyodacitiques et andésitiques d'arc insulaire et d'arrière-arc d'affinité calco-alcaline. Les faciès à cordiérite, anthophyllite et sillimanite seraient l'équivalent métamorphique des faciès hydrothermalisés initiaux à chlorite magnésienne, séricite, talc et quartz. Ces nouvelles données tendent à rattacher Montauban au type Kuroko dans un environnement d'arc insulaire plutôt qu'au type exhalatif-sédimentaire. Les minerais riches en or sont associées aux zones d'altération hydrothermales à cordiérite-anthophyllite, tandis que les amas sulfurés polymétalliques sont dans des faciès silico-carbonatés à diopside-trémolite (anciennes exhalites). Une transposition de ces corps minéralisés au cours de la déformation explique leur disposition subparallèle actuelle. Signalons enfin qu'une découverte récente de SOQUEM, située à une cinquantaine de kilomètres au nord de Montauban, confirme l'intérêt de la province de Greenville pour la recherche d'amas sulfurés polymétalliques à or.

Binns R.A., Scott S.D., Bogdanov Y.A., Lisitzin A.P., Gordeev V.V., Gurvich E.G., Finlayson E.J., Boyd T., Dotter L.E., Wheller G.E. (1993). - Hydrothermal oxide and gold-rich sulfate deposits of Franklin seamount, Western Woodlark basin, Papua New Guinea. *Econ. Geol.*, **88**, n° 8, pp. 2122-2153.

Le guyot Franklin est un volcan sous-marin andésitico-basaltique situé dans un domaine de marge continentale, dans le prolongement de l'axe d'ouverture océanique du bassin de Woodlark. Les dépôts minéralisés récents sont apparus à la fin de l'activité volcanique, après la formation d'une caldeira centrale ; ils comportent des faciès oxydés à Fe-Mn-Si très répandus, ainsi que des faciès barytiques riches en argent (545 ppm) et en or (21 ppm) contenant des quantités significatives de Zn, Cu et Pb. L'activité hydrothermale se poursuit encore de nos jours. Les faciès barytiques ont été rencontrés sous forme de deux cheminées inactives localisées dans la caldeira. Malgré l'absence de sulfures massifs, on peut envisager l'existence de minéralisations sulfurées sous forme de stockwerks se développant sous la surface du volcan sous-marin. La découverte de ces dépôts minéralisés confirme que l'hydrothermalisme associé au volcanisme sous-marin peut apparaître dans les zones où les axes d'ouverture océanique se prolongent dans les domaines de marge continentale ; ce type de situation semble davantage convenir pour les amas sulfurés fossiles que les contextes de ride médio-océanique ou de bassin d'arrière-arc évolué.

DeMatties T.A. (1990). - The Ritchie Creek main zone: a Lower Proterozoic copper-gold volcanogenic massive sulfide deposit in northern Wisconsin. *Econ. Geol.*, **85**, n° 8, pp. 1908-1916.

Dans le Protérozoïque inférieur du Wisconsin, au sud du Canada, un nouveau petit amas sulfuré redressé à la verticale a été trouvé par géophysique sous 30 m de recouvrement glaciaire (1 Mt de minerai à Cu-Au, dont 0,5 Mt à 2,11 % Cu, 0,37 % Zn et 0,3 g/t Au). Cette découverte vient s'ajouter à plusieurs autres (Flambeau, Crandon, etc. ; voir Chronique n° 460, 1981) faites depuis une vingtaine d'années dans cette nouvelle province, dont les gisements, à l'exception de Crandon (62 Mt), ont des volumes et des teneurs modestes. Ritchie Creek appartient à un type "classique" ; il est localisé en bordure d'un appareil volcanique acide et montre à son mur une zone d'altération à minéralisation disséminée. On note cependant deux particularités : d'une part une teneur relativement élevée en cuivre et très peu de zinc, d'autre part un enrichissement en or, faible dans un niveau d'apparence stratiforme de la zone d'altération du mur, plus élevé (secondaire ?) dans une zone de faille transverse. Dans ce dernier cas, l'or est associé à l'altaïte (tellurure de Pb) et à une anomalie Pb de 400 à 1500 ppm.

Dommanget A., Milési J.P., Diallo M. (1993). - The Loulo gold and tourmaline deposit. A polymorph type in the Early Proterozoic of Mali (West Africa). *Mineral. Deposita*, **28**, n° 4, pp. 253-263.

Le gisement de Loulo est associé à un niveau de grès tourmalinisés d'extension régionale (200 km d'affleurement) apparaissant dans la partie supérieure de l'unité inférieure du Birrimien (B1), dans la zone de passage d'une sédimentation à dominante détritique à une sédimentation carbonatée. Les réserves, estimées jusqu'à une profondeur de 140 m, atteignent 28 t d'or contenues dans un minerai à 4,43 g/t ; de récents sondages montrent que la minéralisation se poursuit jusqu'à au moins 300 m. Celle-ci s'est mise en place en plusieurs épisodes successifs : antérieurement à une phase de déformation D1, dans les faciès les plus intensément tourmalinisés précocement, où l'or est en inclusions microniques dans la pyrite disséminée ; dans des stockwerks à quartz-carbonates et sulfures syn- à tardi-déformation D2 et post-D2, où l'abondance de l'or est proportionnelle à celle des sulfures. L'analyse structurale et les isotopes du soufre montrent que la minéralisation des stockwerks dérive de la minéralisation précoce anté-D1. Cette dernière, d'après les données isotopiques du plomb, représenterait un événement métallogénique majeur qui peut être interprété comme la manifestation d'une accréation crustale de l'Afrique de l'Ouest au Protérozoïque inférieur.

Galey A.G., Bailas A.H., Kitzler G. (1993). - Geological setting and hydrothermal alteration of the Chizel Lake and North Chizel Zn-Pb-Cu-Ag-Au massive sulfide deposits, Snow Lake, Manitoba. *Explor. Mining Geol.*, **2**, n° 4, pp. 271-295.

La description de ces amas sulfurés, situés dans le district oriental de la province protérozoïque (1860 à 1900 Ma) de Snow Lake au Canada, apporte des précisions à la connaissance d'une province qui contient l'important gisement de Flin-Flon dans le

district occidental (voir note de lecture dans la chronique n° 513). Là aussi, il s'agit de gisements centrés sur des griffons, associés à un "break" du volcanisme acide ; les volcanites acides sont intercalées entre deux séries de volcanites basiques d'arc tholéiitique. Des précisions sont apportées sur l'existence de cinq séquences volcaniques, Chizel Lake se localisant au sommet de la troisième séquence. Cependant, il existe d'autres amas à l'intérieur de la séquence 1 et à son sommet marqué par un niveau repère régional généralement stérile sauf à la mine Anderson. Ceci confirme l'existence de plusieurs épisodes de minéralisation dans la province. Les amas sont à pyrite-sphalérite avec des enrichissements en Pb-Ag-Au au sommet et Cu-Pb-As-Au-Ag à la base. Ils sont enracinés sur des zones d'altérations métamorphisées semi-concordantes à séricite-disthène au sommet passant en profondeur à une association à chlorite-staurotide puis biotite-grenat. Des pipes sécants à quartz-sphalérite et à amphibole-chlorite riches en Cu-As-Au-Ag correspondent à deux phases hydrothermales ultérieures. Ces gisements montrent de nombreuses analogies avec ceux de la province protérozoïque de Bergslagen en Suède.

Gemmell J.B., Large R.R. (1992). - Stringer system and alteration zone underlying the Hellyer volcanic-hosted massive sulfide deposit, Tasmania, Australia. *Econ. Geol.*, **87**, pp. 620-649.

Le gisement de Hellyer, découvert en 1983 dans la ceinture volcanique cambrienne de Mount Read, est un amas sulfuré de 17 Mt à 13 % Zn, 6,8 % Pb, 0,3 % Cu, 160 g/t Ag et 2,3 g/t Au. La zone d'altération hydrothermale sous amas comporte une zone centrale siliceuse passant latéralement à une zone à chlorite, puis à chlorite-carbonates, séricite et séricite-quartz. La zone centrale siliceuse, en forme de pipe cylindrique, a été reconnue jusqu'à 350 m de profondeur ; elle se surimpose à la zone à chlorite, partiellement détruite par la silicification, et son cœur siliceux massif est constitué de quartz à grain très fin contenant de la pyrite et de faibles quantités de séricite. Les auteurs ont identifié huit stades successifs de mise en place des "stringers" dans la zone de stockwerks associés aux altérations. Trois d'entre eux sont minéralisés (2 A à 2 C) ; ils sont encadrés par des stringers stériles anté- (1) et post-minéralisation (3 à 6). C'est dans la partie siliceuse centrale que les stringers minéralisés sont les plus abondants, avec une paragenèse à pyrite, chalcoppyrite, sphalérite, galène barytine ; les sulfures de métaux de base sont surtout exprimés dans le stade 2 B, alors que la pyrite caractérise le stade 2 A et la barytine le stade 2 C. L'étude des isotopes du soufre permet d'envisager un modèle dans lequel les fluides hydrothermaux, qui comportaient initialement une forte participation de sulfates marins réduits, ont ensuite évolué vers des fluides où dominait le soufre d'origine magmatique.

Guiollard P.-Ch. (1993). - Les mines d'or et d'argent de Rouez, Rouez en Champagne (Sarthe). Editions Pierre-Christian Guiollard, 64410 Fichous, 126 p.

Cet ouvrage qui s'adresse à la fois aux amateurs éclairés et aux spécialistes débute par un chapitre introductif donnant un aperçu de la distribution de l'or dans le Massif armoricain et un bref historique de l'exploitation de ce métal dans cette région. Il est

ensuite consacré au gisement de Rouez qui comporte deux parties : un amas sulfuré pauvre en métaux de base et à faibles teneurs en or et argent, encaissé dans une formation volcano-sédimentaire briovérienne, et sa partie altérée, autrefois exploitée pour le fer, enrichie en or et argent. Le gisement superficiel, exploité par la SOMINOR (50 % Elf Aquitaine Production, 50 % Cheni, filiale du BRGM) a produit 180 000 t de minerai à 13,9 g/t. L'ouvrage, qui offre un panorama complet de ce gisement, depuis l'historique de la découverte de l'amas sulfuré, objectif initial des travaux d'exploration, jusqu'aux méthodes de traitement du minerai oxydé et à l'affinage des métaux, présente en particulier l'intérêt de donner pour la première fois dans un ouvrage "grand public" une description détaillée du gisement supergène. Une importante lacune est comblée, puisque cette partie du gisement n'avait pas été traitée dans le numéro spécial de la Chronique (1981, n°458) consacré à la découverte et à la description de l'amas sulfuré.

Herzig P.M., Hannington M.D., Fouquet Y., von Stackelberg U., Petersen S. (1993). - Gold-rich polymetallic sulfides from the Lau back arc and implications for the geochemistry of gold in sea-floor hydrothermal systems of the southwest Pacific. *Econ. Geol.*, **88**, n° 8, pp. 2182-2209.

Les échantillons de sulfures polymétalliques récoltés dans les dépôts hydrothermaux de la ride de Valu Fa du bassin de Lau ont des teneurs exceptionnellement élevées en or (3,1 g/t en moyenne et jusqu'à 28,7 g/t). L'or, de haute pureté, se présente le plus souvent en inclusions de quelques microns dans la sphalérite. Il s'agit de la première découverte d'or visible exprimé dans des sulfures de dépôts hydrothermaux sous-marins actuels, qui permet de préciser chronologie et les conditions de dépôt de ce métal. Les auteurs insistent également sur le fait que ces dépôts hydrothermaux sont beaucoup plus proches des amas sulfurés anciens riches en or que ne le sont les dépôts hydrothermaux des rides médio-océaniques.

Herzig P.M., Hannington M.D., Scott S.D., Maliotis G., Rona P.A., Thompson G. (1991). - Gold-rich sea-floor gossans in the Troodos ophiolite and on the Mid-Atlantic ridge. *Econ. Geol.*, **86**, n° 8, pp. 1747-1755.

Latéralement à l'amas sulfuré de Skouriotissa, situé dans le nord-est du Massif ophiolitique du Troodos (Chypre), les terres d'ocre intercalées dans des pillow lavas minéralisés sont considérées comme des produits remaniés et oxydés de la minéralisation sulfurée d'un mont hydrothermal fossile. Elles sont constituées de goethite, jarosite et quartz, accompagnés d'oxydes de fer amorphe et de faibles quantités d'hématite et de gypse. L'analyse de quelques échantillons de ces ocres montre qu'elles contiennent des teneurs élevées en or (0,58 à 28,4 g/t) ; les grains d'or, d'une grande pureté, ont été identifiés dans une matrice à jarosite et hématite. Les auteurs interprètent ces enrichissements secondaires d'or comme le résultat de l'oxydation sous-marine des sulfures, phénomène comparable à celui qui a été mis en évidence récemment sur le champ hydrothermal actuel de TAG sur la ride Médio-Atlantique, où l'on a identifié des gossans sur les pentes d'un mont de sulfures en cours de formation depuis 40 à 50000 ans. La composition de ces gossans est très comparable à celle des ocres de

Skouriotissa, mais s'en distingue par la présence d'atacamite abondante associée à la jarosite ; les teneurs en or les plus élevées se rencontrent lorsque les oxydes de fer contiennent ces deux minéraux (5,8 à 23 g/t). L'exemple de Skouriotissa ouvre des perspectives à l'exploration puisque l'on peut envisager de rechercher des niveaux d'ocres riches en or au-dessous de la zone d'altération supergène.

Huston D.L., Bottrill R.S., Creelman R.A., Khin Zaw, Ramsden T.R., Rand S.W., Gemmel B.J., Jablonski W., Sie S.H., Large R.S. (1992). - Geologic and geochemical controls on the mineralogy and grain size of gold-bearing phases, eastern australian volcanic-hosted massive sulfide deposits. *Econ. Geol.*, **87**, n° 3, pp. 542-563.

Les amas sulfurés du Paléozoïque de l'Est australien contiennent des quantités variables d'or, allant de 0,3 g à plus de 3 g/t, se présentant sous des formes et avec des granulométries très différentes suivant les gisements ; l'étude de ces variations est importante aussi bien pour la compréhension des mécanismes de dépôt de l'or que pour les méthodes de récupération du métal précieux. Un tableau donne les principales caractéristiques des 11 gisements étudiés (teneurs, tonnages, morphologie, degré de métamorphisme, style et intensité des déformations). Dans les gisements où l'or est concentré avec le zinc dans la partie supérieure des amas, il apparaît d'une part dans la partie centrale, dans le réseau des cristaux d'arsénopyrite et en inclusions submicroscopiques dans la pyrite (cas du gisement très peu déformé de Hellyer où 90 % de l'or pourrait être sous cette forme), et, d'autre part dans les faciès sommitaux à barytine sous forme d'électrum de finesse variable (300 à 900) ; ce dernier précipiterait à partir de thio-complexes dans la zone de mélange des fluides hydrothermaux avec l'eau de mer. Dans les gisements où l'or est associé au cuivre à la base des amas et dans les stockwerks sous-jacents, l'or apparaît sous forme d'électrum de finesse élevée (750 à 1000) et de tellures généralement associés à chalcopyrite et pyrite. Le dépôt de l'or se ferait à partir de complexes chlorurés à la faveur d'une diminution de la température et d'une augmentation du pH des solutions hydrothermales percolant à travers le système. Les déformations et le métamorphisme provoquent un accroissement de la taille des grains d'électrum et entraînent également une remobilisation de l'or micronique de la pyrite, qui reprécipite dans les fractures sous forme d'électrum en se combinant avec l'argent.

Kennedy A. (1990). - Bidjovagge - Gold/copper mining in Northern Norway. *Min. Mag.*, **162**, n° 3, p. 100-104.

Le gisement, situé dans des formations volcano-sédimentaires précambriennes métamorphisées de la partie nord du bouclier scandinave, produit annuellement 800 à 900 kg d'or et environ 3000 t de cuivre (teneur du minerai : 1-2 % Cu et 1-4 g/t Au). Cet article, après avoir rappelé l'historique de la découverte et de l'exploitation du gisement, racheté, puis remis en production par la société Outokumpu en 1985, après une interruption de 10 ans suite à la fermeture de la mine, décrit les méthodes d'exploitation et de traitement. L'exploration par sondages des extensions du gisement continue et l'on signale des intersections minéralisées atteignant 1 à 3 % Cu et plus de 40 g/t Au.

Khin Zaw, Large R.R. (1992). - The precious metal-rich South Hercules mineralization, western Tasmania: a possible sea-floor replacement volcanic-hosted massive sulfide deposit. *Econ. Geol.*, **87**, n° 3, pp. 931-952.

Le gisement de South Hercules a été découvert récemment à 1 km au sud du gisement d'Hercules, dans la ceinture volcanique cambrienne de Mount Read. Les réserves géologiques sont estimées à 0,7 Mt à 1,9 % Pb, 3,5 % Zn, 0,1 % Cu, 147 g/t Ag et 2,7 g/t Au. La minéralisation est encaissée dans des sédiments tufacés intercalés entre un mur de volcanites acides porphyriques silicifiées et un toit constitué de shales noirs. Contrairement aux autres gisements de la province, South Hercules ne contient que très peu de faciès sulfurés massifs. Les faciès sulfurés sont principalement constitués de disséminations et de filonnets à sphalérite-galène dans les shales tufacés fortement silicifiés ; vers la base apparaît un niveau semi-massif à sphalérite, galène $\pm$ pyrite, et localement vers le sommet, une lentille de pyrite massive à barytine. Les faciès sulfurés passent verticalement et latéralement à un faciès carbonaté (kutnahorite et rhodocrosite) remplaçant plus ou moins complètement les roches encaissantes. Les teneurs les plus élevées en or (> 10 g/t), déposé sous forme d'électrum, ont été observées dans la lentille à pyrite $\pm$ barytine et dans la zone à disséminations et filonnets. L'ensemble des observations faites sur ce gisement très particulier permet de penser que la mise en place de la minéralisation s'est effectuée par imprégnation et remplacement, au-dessous de l'interface eau-sédiment. Les données isotopiques, celles des inclusions fluides, de même que les teneurs très basses en cuivre et un rapport $(Au+Ag)/(Pb+Zn)$ relativement élevé permettent de penser à des conditions de température modérées.

Large R. (1990). - The gold-rich seafloor massive sulphide deposits of Tasmania. *Geol. Rundschau*, **79**, n° 2, pp. 265-278.

La ceinture volcanique cambrienne du Mont Read dans l'Ouest de la Tasmanie, interprétée comme un arc volcanique sous-marin en bordure d'une ancienne marge continentale, montre une série de centres d'émission alignés suivant la direction nord-sud, parallèlement à l'axe de la ceinture. Les produits volcaniques de ces appareils (rhyolites à andésites) sont essentiellement des laves massives et des pyroclastites. Un grand nombre d'amas sulfurés ont été reconnus le long de cette ceinture ; localisés à la limite entre des cycles d'activité volcanique, les gisements sont particulièrement riches en métaux de base. Les plus importants, Rosbery, Hercules, Que River et Hellyer, montrent une teneur moyenne de 15 % Zn, 6 % Pb, 0,5 % Cu, 160 g/t Ag et 2,8 g/t Au. On connaît également un second type de minéralisation dans la région de Mount Lyell, sous forme de disséminations et filonnets pyriteux contenant environ 1,2 % Cu et 0,4 g/t Au. Les enrichissements en or observés dans les parties riches en cuivre de la base des amas et dans les stockwerks (Mt Lyell et Rosbery) sont interprétés comme le résultat du dépôt de l'or, transporté sous forme de complexes chlorurés, sous l'effet combiné de l'abaissement de température et de l'augmentation du pH, lorsque les solutions hydrothermales arrivaient sur le fond sous-marin. Les enrichissements dans la partie supérieure des amas, riche en Pb-Zn-Ba, (Hellyer, Que River et Rosbery) sont attribués

à une remobilisation et un transport de l'or sous forme de complexes sulfurés dans les solutions hydrothermales continuant à percoler à travers l'amas sulfuré durant son dépôt.

Larocque A.L.C., Hodgson C.J., Lafleur P.J. (1993). - Gold distribution in the Moberly volcanic-associated massive sulfide deposit, Noranda, Quebec. *Econ. Geol.*, **88**, n°6, pp. 1443-1459.

Le gisement de Moberly, qui appartient au district de Noranda, est situé à 30 km au nord-est de Rouyn-Noranda. Il est actuellement exploité par la société Cambior et comporte plusieurs amas sulfurés dans un encaissant rhyolitique, renfermant des réserves évaluées à près de 18 Mt de minerai à 0,70-0,84 % Cu, 2,51-5,87 % Zn, 27,67-42,5 g/t Ag et 1,75-2,27 g/t Au. Le minerai est constitué essentiellement de pyrite, sphalérite et chalcoppyrite auxquelles s'ajoutent de petites quantités d'arsénopyrite, digénite et tétraédrite ; de la galène est associée à des fractures tardives ; l'électrum a été observé essentiellement dans des veines tardives, mais aussi en inclusion dans la pyrite et la sphalérite. Des analyses à la microsonde de la pyrite primaire ont montré qu'elle contenait entre 0,2 et 10 ppm d'or "invisible" ($< 0,1 \mu\text{m}$). L'étude structurale et géochimique des différents horizons minéralisés permet de préciser le rôle de la déformation et du métamorphisme à l'origine de la libération de l'or réfractaire et de sa reconcentration locale sous une forme récupérable.

Larson J.E., Hutchinson R.W. (1993). - The Selkirk Zn-Cu-Ag deposits, Quebec, Canada : an example of evolution from subaqueous to subaerial volcanism and mineralization in an archaean caldera environment. *Econ. Geol.*, **88**, n° 6, pp. 1460-1482.

Le gisement de Selkirk dans le nord de la province archéenne de l'Abitibi a été découvert en 1974 ; il est exploité depuis 1981 et la cadence de production est de 7000 t/jour depuis 1989. Il comporte trois corps minéralisés totalisant 30 Mt à 1,21 % Cu, 1,91 % Zn, 0,63 g/t Au et 37 g/t Ag. Dans cette province, il constitue un rare exemple d'une association d'amas sulfurés volcanogéniques et de veines épithermales à or et métaux de base, localisés dans une caldera avec un volcanisme felsique d'abord sous-marin puis aérien. La minéralisation économique est constituée essentiellement par des veines et des disséminations épithermales, alors que les amas sulfurés sont à pyrite dominante et sont associés à des exhalites (cherts, carbonates) s'étendant sur plus de 10 km. Une forte altération hydrothermale est présente au mur de ces amas ; des veinules de pyrite et de carbonates renfermant des teneurs élevées en Ag leur sont associées. Aux minéralisations épithermales sont associées des altérations à chlorite, séricite, carbonates manganésifères et à hématite ; cette dernière est inhabituelle en Abitibi. La rareté des minéralisations épithermales à l'Archéen peut résulter des caractères particuliers de la croûte primitive mais aussi de la conservation exceptionnelle des environnements volcaniques subaériens.

MacLean W.H., Hoy L.D. (1991) - Geochemistry of hydrothermally altered rocks at the Horne Mine, Noranda, Quebec. *Econ. Geol.*, **86**, n°3, pp. 506-528.

La mine Horne est le plus important gisement du district archéen de Noranda et la première découverte des 22 amas sulfurés que compte ce district de l'Abitibi. Entre 1927 et 1976, elle a fourni 59 Mt de minerai à 2,2 % Cu et 5,3 g/t Au. Les caractéristiques géologiques et gîtologiques de ces gisements, que l'on retrouve dans un grand nombre d'autres gisements canadiens, sont suffisamment originales pour que l'on ait pu définir un type Noranda. Les rhyolites encaissantes sont caractérisées par une zone d'altération étendue à quartz-séricite affectant le toit et le mur de la minéralisation ; une altération à chlorite-quartz se développe localement au mur et sur les flancs des corps minéralisés. Un bilan de l'altération montre qu'il y a eu un important apport de SiO₂ (13 %), et de K₂O (2,3 %) et un lessivage de Na₂O (3,6 %), et CaO (2,2 %). L'anomalie positive de $\delta^{18}\text{O}$ liée à la silicification pourrait être corrélée à l'existence d'amas sulfurés de grande taille associés à de vastes système hydrothermaux en Abitibi et peut-être aussi dans d'autres greenstones belts.

McGoldrick P.J., Large R.R. (1992). - Geologic and geochemical controls on gold-rich stringer mineralization in the Que River deposit, Tasmania. *Econ. Geol.*, **87**, n° 3, pp. 667-685.

Le gisement de Que River est situé dans la ceinture volcanique cambrienne de Mount Read ; exploité jusqu'en fin 91, il contenait 3,3 Mt de minerai à 13,3 % Zn, 7,4 % Pb, 0,7 % Cu, 195 g/t Ag et 3,3 g/t Au, réparties en plusieurs lentilles. La zone d'altération hydrothermale (étudiée par R. Offler et D.J. Whitford dans le même numéro, pp. 686-705) de "stringers" associés, développée au mur des lentilles polymétalliques (laves et épicrostites andésitiques) comporte une partie centrale à cuivre, passant latéralement à une zone à plomb-zinc. Une partie de la zone à stringers montre un contenu élevé en Au (jusqu'à plus de 5 g/t), Sb (plus de 1000 ppm) et Ba (plus de 2000 ppm) ; située dans des volcanoclastites grossières plus perméables, elle est interprétée comme la partie la plus distale du dispositif d'altération. L'or, probablement transporté sous forme de complexe bi-sulfuré, aurait précipité dans la partie externe du système de stringers, où les fluides se refroidissaient et s'oxydaient au contact de l'eau de mer.

Nash J.T., Connor J.J. (1993). - Iron and chlorine as guide to stratiform Cu-Co-Au deposits, Idaho Cobalt Belt, USA. *Mineral. Deposita*, **28**, n° 2, pp. 99-106.

Située dans le Nord de l'Idaho, la Cobalt Belt correspond à des niveaux riches en fer et en chlore interstratifiés dans la Formation de Yellowjacket d'âge protérozoïque moyen, constituée principalement d'argilites et de siltites métamorphisées dans le faciès schistes verts. Ces niveaux, enrichis en magnétite et pyrite ou en biotite, contiennent des scapolites et renferment localement des concentrations à Co-Cu-Au. La plus importante est située dans le faciès à biotite et correspond au gisement de Blackbird qui, en 1960, avait produit 6350 t de cobalt à partir d'un minerai à 0,6 % Co et 1,5 % Cu ; en 1978-1982, Noranda Exploration Inc. avait défini 7,3 Mt de réserves exploitables et identifié

plusieurs concentrations intéressantes dans la région. Le faciès silicaté porteur de la minéralisation contient plus de 50 % de biotite et se développe sur une distance de plus de 15 km à l'est de la mine ; il est riche en Cl et contient des teneurs anormales en Cr, Mg, P, Sc, Ti, V, Y et Yb. Il est interprété comme un dépôt chimique déposé au fond de la mer ou près de l'interface eau-sédiment, en relation avec un volcanisme basique identifié dans la série et des sources hydrothermales sous-marines.

Nold J.L. (1990). - The Idaho cobalt belt, northwestern United States - A metamorphosed proterozoic exhalative ore district. *Mineral. Deposita*, **25**, n° 3, pp. 163-168.

Comme ne l'indique pas le titre, ce district renferme plusieurs petits gisements à cuivre-cobalt et or. Ces gisements, alignés sur une distance de 50 km, dans une série de quartzites, siltites et argilites du Protérozoïque inférieur, métamorphisée dans le faciès amphibolite, étaient interprétés jusqu'à présent comme des concentrations hydrothermales en relation avec des intrusions granitiques proches. Le contrôle lithostratigraphique à l'échelle du district, la présence de minéralisations disséminées ou massives d'apparence stratiforme et l'association de ces minéralisations à des faciès sédimentaires tourmalinisés, conduit à interpréter ces gisements comme des concentrations exhalatives-sédimentaires (comparaison avec Sullivan, Mount Isa et la Copperbelt zaïro-zambienne). En dépit d'une démonstration très peu argumentée, on retiendra que les minerais de ces gisements à pyrite et arsénopyrite cobaltifères, pyrrhotite, magnétite, chalcopyrite, cobaltite, sphalérite, peuvent contenir des quantités non négligeables d'or (jusqu'à plus d'une once/t dans certains échantillons) dont la localisation n'est pas précisée.

Strauss G.K., Beck J.S. (1990). - Gold mineralisations in the SW Iberian Pyrite Belt. *Mineral. Deposita*, **25**, n°4, pp. 237-245.

Résultats d'un programme d'échantillonnage systématique effectué par la Compagnie Minière de Tharsis sur les gisements de ses concessions (200 Mt de réserves de minerai au total), afin de déterminer les teneurs et la répartition de l'or dans les amas sulfurés. Après un rappel du cadre géologique et des principales caractéristiques des gisements de la Province Ibérique, cette note décrit les résultats obtenus sur le gisement du "Filon Norte" du district de Tharsis et sur La Zarza. Le premier est principalement constitué de pyrite massive à faibles teneurs en métaux de base ; ce minerai montre les teneurs en or les plus basses (0,72 g/t), alors que les teneurs s'élèvent dans certains faciès minéralisés des parties marginales du gisement : les valeurs les plus élevées ont été observées au mur de l'amas pyriteux, dans des shales carbonés à lits de sulfures disséminés (3,26 g/t) et dans le stockwerk localement aurifère (2,76 g/t), seule partie du gisement où l'on a pu observer l'or natif. D'une façon plus générale, il existe une certaine corrélation du contenu en or avec les sulfures de Pb-Zn et l'arsénopyrite. A La Zarza, où la pyrite massive est également pauvre en or (0,62 g/t), le stockwerk sous amas ne montre que très localement des teneurs élevées (jusqu'à plus de 19 g/t) et les teneurs les plus intéressantes ont été trouvées dans la zone de transition du minerai siliceux basal à la pyrite massive (5 g/t en moyenne, sur une puissance de 3 à 14 m) ; il existe dans ce type

de minerai une excellente corrélation Au-As et l'or, sous forme d'électrum, est généralement associé à l'arsénopyrite. De fortes teneurs en or ont été également observées localement au toit du gisement, dans des faciès de pyrite rubanée à teneurs élevées en métaux de base.

Tourigny G., Doucet D., Bourget A. (1993). - Geology of the Bousquet 2 Mine: an example of a deformed, gold-bearing, polymetallic sulfide deposit. *Econ. Geol.*, **88**, n° 6, pp. 1578-1597.

Comme Doyon, Bousquet 1 et Dumagami, la mine de Bousquet 2 est localisée sur la shear-zone ("break") de Cadillac et appartient à un district ayant produit 316 t d'or (61 Mt à environ 5 g/t Au) avec en outre du cuivre et de l'argent. L'existence d'un dépôt initial de sulfures volcano-sédimentaires est argumentée par, d'une part l'existence de sulfures massifs à semi-massifs à métaux de base et or à Bousquet 2, mais aussi dans d'autres mines (un sondage profond récent à Dumagami a recoupé 13 m de sulfures massifs à 7 % Zn) et, d'autre part, l'environnement peralumineux pouvant représenter une zone d'altération hydrothermale synvolcanique métamorphisée. Cependant les concentrations économiques à Au-Cu-Zn résultent d'une recristallisation et d'une remobilisation *in situ* en relation avec deux phases structurales et métamorphiques ultérieures. La première phase de métamorphisme prograde, accompagnée d'une déformation ductile des sulfures, a donné des enrichissements en Au-Ag-Cu suivant la foliation, à l'interface entre les niveaux pyriteux et les roches silicatées encaissantes de compétence différente. La seconde phase, cassante accompagnée d'un métamorphisme rétrograde et d'un fort flux de fluides, a remobilisé les sulfures et l'or dans des structures sécantes transverses. Les zones les plus riches en Cu et Au se trouvent dans les veines en extension se superposant aux zones enrichies planaires de la première phase. Les gisements de ce district résultent donc bien d'une remobilisation *in situ* des minéralisations sulfurées synvolcaniques pauvres, plutôt que d'un apport venant d'une source externe.

CONGLOMERATS AURIFERES

Eisenlohr B.N. (1992). - Conflicting evidence on the timing of mesothermal and paleoplacer gold mineralisation in Early Proterozoic rocks from southwest Ghana, West Africa. *Mineral. Deposita*, **27**, n° 1, pp. 23-29.

Les gisements aurifères du Protérozoïque inférieur du Ghana, sont essentiellement localisés dans la ceinture volcano-sédimentaire d'Ashanti et comportent deux types de minéralisation : des filons de quartz mésothermaux et les conglomérats aurifères à galets de quartz (paléoplacers tarkwaiens). L'hypothèse la plus répandue est d'admettre que l'or des paléoplacers dérive de l'érosion des filons. L'analyse structurale montre que, dans les deux types de gisement, la minéralisation aurifère est postérieure à la déformation des roches encaissantes ; la source de l'or des paléoplacers ne peut donc être les filons quartzeux. Ces conclusions rejoignent et confirment celles du travail de Milési *et al.* (1991), publié antérieurement dans la même revue (voir Chron. rech. min., n° 505, p. 84).

Frimmel H.E., le Roex A.P., Knight J., Minter W.E.L. (1993). - A case study of postdepositional alteration of the Witwatersrand basal reef gold placer. *Econ. Geol.*, **88**, n° 2, pp. 249-265.

L'étude minéralogique, les textures du quartz, les inclusions fluides et la composition des particules d'or permettent d'évaluer les modifications subies par les grains d'or détritiques après dépôt du sédiment-hôte. Ce dernier a subi successivement une recristallisation métamorphique (290-350°C), des infiltrations locales de fluides (240-300°C) le long de fractures et de discontinuités lithologiques et une altération potassique locale causée par des circulations de fluides plus tardives suivant les zones de faiblesses préexistantes. Le second événement est responsable d'une homogénéisation de la composition des grains d'or et d'une remobilisation partielle sur de très faibles distances (quelques millimètres à quelques centimètres). Cette remobilisation serait contemporaine de déformations postérieures au dépôt d'une partie du Supergroupe du Transvaal.

Hutchinson R.W. (1992). - Paleoplacers of the Witwatersrand basin. *Min. Eng.*, **44**, n° 6, pp. 609-612.

Article de synthèse faisant le point sur l'origine des minéralisations aurifères du Witwatersrand. Une nouvelle approche permet de concilier les hypothèses synsédimentaire et épigénétique hydrothermale. De nouveaux éléments étaient apparus récemment, tels que : la présence dans le socle archéen ayant alimenté le bassin de granites hydrothermalisés, l'existence dans les formations du Witwatersrand d'assemblages de minéraux de métamorphisme de faciès schiste vert, la présence dans certains gisements de minéraux considérés comme épigénétiques. A cela s'ajoutent des faits assez troublants, comme la rareté de l'ilménite et de la magnétite, l'abondance du leucoxène et la présence de différentes variétés de pyrite, dont des galets roulés de ce minéral. Les différents éléments apparemment contradictoires peuvent être intégrés en faisant intervenir successivement : le dépôt d'exhalites à pyrite aurifère en milieu marin peu profond par des fluides hydrothermaux déchargés à partir de failles de bordure du

bassin, la destruction ultérieure de ces exhalites, le remaniement, le transport et le dépôt des produits de cette destruction en milieu fluvio-deltaïque, le métamorphisme enfin pour compléter ce scénario de la genèse des minéralisations aurifères.

Milési J.P., Ledru P., Ankrah P., Johan V., Marcoux E., Vinchon Ch. (1991). - The metallogenic relationships between Birimian and Tarkwaian gold deposits in Ghana. *Mineral. Deposita*, **26**, n° 3, pp. 228-238.

L'or des paléoplacers tarkwaiens du Ghana ne peut provenir, pour les auteurs de cette publication, du remaniement de la minéralisation des shear zones aurifères de la Gold Coast Range, renfermant en particulier les importants gisements d'Ashanti et Prestea. Ces gisements sont associés à des accidents NE-SW formés durant l'épisode de déformation chevauchante éburnéenne D2 suivi par un épisode hydrothermal à arsénopyrite aurifère, puis par la mise en place de filonnets de quartz à or natif. Les conglomérats aurifères de Tarkwa ont été également affectés, après dépôt, par la même phase de déformation, ce qui exclut une alimentation en or des paléoplacers par les shear zones aurifères.

Minter W.E.L., Goedhart M., Knight J., Frimmel J. (1993). - Morphology of Witwatersrand gold grains from the basal reef: evidence for their detrital origin. *Econ. Geol.*, **88**, n° 2, pp. 237-248.

L'étude morphoscopique de plus de 5000 particules d'or récupérées après attaque à l'acide fluorhydrique de quartzites oligomictiques conglomératiques aurifères à stratifications entrecroisées révèle que 75% des grains sont d'origine détritique. Les particules d'or secondaire représentant les 25% restants de forme très différente, sont de taille plus petite. Cette étude démontre de façon indiscutable l'origine détritique de l'essentiel de l'or et permet de faire la part des processus de remobilisation au cours du métamorphisme (voir article de Frimmel *et al.* dans le même numéro de la revue).

Minter W.E.L., Renger F.E., Siegers A. (1990). - Early Proterozoic gold placers of the Moeda formation within the Gandarela syncline, Minas Gerais, Brazil. *Econ. Geol.*, **85**, n°5, pp. 943-951.

La formation détritique de Moeda, d'âge protérozoïque inférieur, constitue la base du supergroupe de Minas reposant en discordance sur le socle archéen ; elle est recouverte par les formations ferrifères qui ont donné leur nom au Quadrilatère ferrifère de l'état de Minas Gerais. Les conglomérats aurifères et uranifères à la base de cette unité sont interprétés comme d'anciens chenaux de rivières en tresses ; les minéraux lourds dans la matrice des conglomérats sont principalement constitués de grains de pyrite roulés (quelques mm à 3 cm), de l'uraninite détritique aurait été trouvée. L'or est en inclusions dans la pyrite avec d'autres sulfures ; les teneurs dans les niveaux riches se situent entre 10 et 20 g/t. Ces conglomérats aurifères, qui présentent de nombreuses analogies avec ceux du Witwatersrand, pourraient représenter dans le futur une part notable de la production brésilienne d'or, si les travaux de reconnaissance en cours démontrent une extension et une continuité structurale suffisante.

Reimer Th., Mossman D.J. (1990). - The Witwatersrand controversy revisited. *Econ. Geol.*, **85**, n° 2, p. 337-343.

La plus grande concentration mondiale d'or a donné lieu à d'innombrables publications et, depuis 1987, certains auteurs ont relancé un débat que l'on croyait définitivement clos, en reprenant, sous une forme actualisée, la théorie hydrothermaliste. On comprend que la controverse présente un intérêt qui dépasse les limites d'une querelle académique, puisque les guides employés en exploration minière pour ce type de gisement dépendent dans une très large mesure du modèle adopté. Th. O. Reimer et D.J. Mossman reprennent un par un, en montrant leur peu de consistance, les arguments avancés par la "critique révisionniste", qui ne remettent pas en cause selon eux le modèle paléoplacer. Les auteurs rappellent en particulier que des études récentes sur des particules d'or, libérées par attaque à l'acide fluorhydrique, militent en faveur de l'origine détritique de ce métal, partiellement remobilisé durant les événements ultérieurs à la sédimentation ; ces observations avaient été apparemment oubliées par les "révisionnistes" qui auraient tendance, si l'on comprend bien, à être un peu trop sélectif dans le choix des faits destinés à appuyer leur argumentation. Cette mise au point remarquablement claire, présente aussi l'avantage de donner les références essentielles sur la question. A lire absolument.

Robb L.J., Meyer F.M. (1990). - The nature of the Witwatersrand hinterland: conjectures on the source area problem. *Econ. Geol.*, **85**, n°3, p. 511-536.

Le soubassement archéen de l'arrière-pays du bassin du Witwatersrand est constitué en majeure partie de granitoïdes affectés par une altération hydrothermale généralisée (propylitisation, séricitisation, carbonatation et greisénisation) qui a pu être reconnue et étudiée sur sondages. La zone altérée, qui montre un enrichissement significatif en Au et U, représenterait la partie apicale d'intrusions peu profondes ; celles-ci se seraient mises en place durant la sédimentation et, plus précisément, avant le dépôt de la partie supérieure de la série détritique (Central Rand Group), particulièrement riche en or et uranium. Les auteurs supposent que l'érosion de ces zones d'altération aurait pu participer de façon significative à l'alimentation des paléoplacers en ces métaux.

Witt M.J. (de), Armstrong R.A., Kamo S.L., Erlank A.J. (1993). - Gold-bearing sediments in the Pietersburg greenstone belt : age equivalent of the Witwatersrand Supergroup sediments, South Africa. *Econ. Geol.*, **88**, n°5, pp. 1242-1252.

Dans le bassin du Witwatersrand, les effets combinés de l'épuisement des réserves de minerai à forte teneur, du renchérissement des coûts d'exploitation et de la baisse des cours de l'or conduisent à rechercher de nouveaux bassins ou gisements du même type ; de fait, l'hypothèse de l'existence de tels bassins dans le craton du Kaapvaal est suspectée depuis très longtemps. Les auteurs apportent dans cet article différents arguments, en particulier radiochronologiques pour faire de la Formation de Uityk dans la ceinture de Pietersburg, située à 200 km environ au nord-est du Witwatersrand, un

équivalent du Groupe du Central Rand (partie supérieure du Supergroupe du Witwatersrand). Cette formation, qui repose en discordance sur une greenstone belt archéenne, est constituée de conglomérats et brèches polygéniques et de grès grossiers. La matrice de certains niveaux conglomératiques contient parmi le spectre des minéraux lourds des pyrites aurifères. Le socle et sa couverture détritique ont été affectés par des mouvements tangentiels provoqués par un raccourcissement NW-SE ; la déformation s'est propagée progressivement vers le sud-est, alimentant en éléments détritiques le bassin interprété comme un bassin molassique syntectonique d'avant-chaîne. Ces résultats démontrent la possibilité de découvrir des gisements cachés sous et au nord du bassin du Rand.

GISEMENTS MESOTHERMAUX

Anonyme (1992). - New Ghana gold mine slated for 1993 production. *Engin. Min. J.*, **193**, n° 1, p. 9.

Une nouvelle mine d'or va entrer en production en 1993. La mine d'Ayanfuri est en fait composée de quatre gisements qui sont situés dans la ceinture aurifère du Sud-Ghana au nord-est de Prestea et au sud-ouest de Ashanti. La minéralisation est localisée dans et au contact des porphyres granitiques intrusifs. Les minerais sont oxydés jusqu'à 65 m de profondeur. L'or est libre ou associé à l'hématite et à la goethite. Le protore contient de la pyrite disséminée et un peu d'arsénopyrite et de chalcoppyrite. Cluff Resources a effectué 18 km de sondages et continue à prospecter dans le voisinage. Les trois principaux gisements, Ayanfuri, Esuajah et Esuajah sud, représentent 3,5 Mt à 1,96 g/t d'or et 0,65 Mt de minerais oxydés à 0,64 g/t. Le quatrième gisement, Chirawewa, contient 0,81 Mt probables à 1,9 g/t. L'ensemble contient 8,8 t d'or. Le coût prévisionnel d'exploitation est de 169 \$/once.

Ansdell K.M., Kyser T.K. (1992). - Mesothermal gold mineralization in a Proterozoic greenstone belt : Western Flin Flon domain, Saskatchewan, Canada. *Econ. Geol.*, **87**, n° 6, pp. 1496-1524.

Le domaine de Flin Flon, dans le Nord du Saskatchewan et du Manitoba, contient de nombreuses occurrences aurifères mésothermales de petites dimensions ; il s'agit de filons de quartz où l'or est associé à pyrite et arsénopyrite, mis en place dans des zones de cisaillement ductiles reprises par des mouvements ductiles-cassants durant la remontée du bâti postérieurement au pic du métamorphisme. Plusieurs arguments, en particulier l'extension réduite de l'altération hydrothermale, les faibles teneurs en or, l'absence d'intrusion granitique de type S et de lamprophyres dérivés du manteau, suggèrent que des volumes limités de fluides ont percolé les zones de cisaillement et qu'il ne s'agit pas par conséquent de structures transcrustales capables d'héberger des gisements majeurs.

Boiron M. C., Cathelineau M., Trescases J. J. (1989). - Conditions of gold-bearing arsenopyrite cristallisation in the Villeranges basin, Marche-Combrailles shear zone, France : a mineralogical and fluid inclusion study. *Econ. Geol.*, **84**, n° 5, pp. 1340-1362.

Les gisements à Au-As-Sb du district de la Marche-Combrailles, encaissés dans la série volcano-sédimentaire viséenne et le socle métamorphique et granitique paléozoïque sous-jacent, sont contrôlés à l'échelle régionale par une zone de cisaillement WNW-ESE. Celle-ci, après avoir joué en régime de déformation ductile (360-340 Ma) a été réactivée par des mouvements cassants tardi-tectoniques (315-300 Ma) ayant favorisé une intense circulation de fluides hydrothermaux. Les minéralisations à Au-Sb-As sont associées à une altération hydrothermale des roches encaissantes comportant deux stades successifs : le premier est caractérisé par le remplacement de la chlorite par la phengite, le second par le remplacement total des minéraux antérieurs par une association à illite-quartz-ankérite-pyrite. L'or est sous forme d'arsénopyrite aurifère apparaissant dans un réseau de filonnets à quartz-ankérite et dans l'encaissant altéré. L'étude des cristaux d'arsénopyrite montre un enrichissement en Au à la périphérie des

cristaux (Au intégré dans le réseau lors de la croissance cristalline), mais aussi selon un réseau de microfissures (remplacement partiel par une arsénopyrite aurifère de seconde génération). Les auteurs, en conclusion de leur travail, présentent un modèle de formation des minéralisations aurifères de type shear-zone sensiblement différent de celui de M. Bonnemaison et E. Marcoux : un seul événement hydrothermal (160-200°C), associé à un flux anormal de chaleur le long de la zone de cisaillement Marche-Combrailles.

Bonnemaison M., Marcoux E. (1990). - Auriferous mineralization in some shear-zones : a three-stage model of metallogenesis. *Mineral. Deposita*, **25**, n° 2, pp. 96-104.

Définition d'un modèle génétique comportant trois stades successifs d'évolution durant lesquels on observe un accroissement progressif de la concentration en or. Le premier stade est caractérisé par une silicification des roches encaissantes mylonitisées accompagnée par le dépôt de sulfures abondants ; au terme de cette première étape relativement complexe, l'or est fixé dans le réseau de l'arsénopyrite. Au cours du second stade, ou stade intermédiaire, se mettent en place des lentilles et des filons de quartz blanc dans des ouvertures locales de la shear-zone ; la déformation de ce quartz (cataclase) aboutit à la formation du faciès "quartz microsaccharoïde", réceptacle d'un or fin provenant de la déstabilisation de l'arsénopyrite aurifère. Le dernier stade, en régime de déformation cassante et d'ouverture, correspond à des remplissages de quartz et carbonates et à des remobilisations de l'or qui se redépose sous forme de grains pépitiques souvent très riches en argent.

Borg G., Lyatuu D.R., Rammlmair D. (1990). - Genetic aspects of the Geita and Jubilee reef archean BIF-hosted gold deposits, Tanzania. *Geol. Rundschau*, **79**, n°2, pp. 355-371.

Le district de Geita, au sud du lac Victoria, a fourni entre 1938 et 1966 environ 5,5 Mt de minerai à 5,6 g/t Au (30 t Au environ). Il est localisé dans la greenstone belt de Sukumaland (2,5 Ga environ) comportant, sur un socle gneissique une série volcano-sédimentaire rapportée au Nyanzien, surmontée en discordance par les conglomérats et quartzites du Kavirondien. La succession nyanzienne comporte successivement des gabbros et basaltes à pillow-lavas, puis la série des quartzites ferrugineux (BIF) encadrés par des pyroclastites acides et se termine par des laves rhyolitiques. En dehors des gisements associés aux BIF, des minéralisations aurifères sont connus dans les différents termes de cette succession, en particulier des shear zones aurifères et des filons de quartz ; de plus la formation détritique kavirondienne, renferme une minéralisation de type paléoplacer. Les gisements de Geita et Jubilee Reef, sont très comparables ; la minéralisation est localisée dans les BIF, près du contact tectonisé avec une unité tufacé et comporte pyrite, pyrite aurifère, or natif et pyrrhotite subordonnée. Elle consiste en un remplacement par les sulfures de la magnétite se développant à la périphérie d'un dyke de trachyte (Geita) et de veines de quartz anastomosées pris dans une zone de déformation cisailante affectant plus particulièrement des intercalations tufacées dans les BIF et le contact entre ces derniers et l'unité tufacée. La zone à teneur

économique se développe sur une puissance de 3 à 6 m, avec des teneurs atteignant 30 g/t dans les sulfures massifs et 6 g/t dans les disséminations pyriteuses riches ; les filons de quartz sont également minéralisés (6,5 g/t). Les auteurs proposent un modèle unique pour l'ensemble des minéralisations aurifères discordantes reconnues dans les différentes unités lithologiques de la série nyanzienne : les fluides minéralisateurs seraient issus des intrusions granitiques syn- à post-orogéniques et auraient lessivé sur leur passage l'or en teneurs géochimiques dans l'unité mafique de la base de la série.

Bouchot V., Gros Y., Bonnemaison M. (1989). - Structural controls on the Saint-Yrieix district, Massif Central, France : evidence from the Le Bourneix and Laurières gold deposits. *Econ. Geol.*, **84**, pp. 1315-1327.

Le district de Saint-Yrieix renferme environ 2000 indices aurifères et 4 gisements économiques, dont les mines en cours d'exploitation de Le Bourneix et Laurières. Les minéralisations à sulfures et or natif sont dans des lentilles quartzeuses disposées dans des zones de cisaillement ductiles-cassantes plurikilométriques du socle gneissique hercynien. Cet article est consacré à l'analyse fine des relations entre les paragenèses successives et les différents stades de déformation dans le gisement de Le Bourneix ; une chronologie relative, valable à l'échelle de l'ensemble du district, est proposée par les auteurs.

Bouchot V., Gros Y., Piantone P. (1994). - Dynamics of shallow late-Variscan gold mineralization: the Le Châtelet Au-arsenopyrite quartz veins, Massif Central, France. *Mineral. Deposita*, **29**, n° 6, pp. 461-473.

Le gisement du Châtelet est situé au nord-ouest du Massif central, dans le district aurifère de la Marche. Ce gisement, qui a produit près de 11 t d'or entre 1905 et 1955 à partir d'un minerai à 24 g/t Au, correspond à un faisceau de filons de quartz d'orientation générale N-S recoupant des migmatites. La particularité de ce gisement est que l'or est camouflé dans le réseau de l'arsénopyrite. L'analyse structurale montre que les filons sont contrôlés par des failles de cisaillement dextre de direction nord-sud résultant d'une compression NNE-SSW d'âge stéphanien inférieur (300 Ma environ). Des études texturales détaillées des différents faciès de quartz participant aux remplissages filoniens mettent en évidence une dynamique de dépôt à travers une organisation en séquences de ces faciès ; cette organisation traduit un dépôt gouverné par une succession de déplacements spasmodiques le long des accidents cisailants. La profondeur de mise en place des filons devait se situer aux alentours du kilomètre.

Bullis H.R., Hureau R.A., Penner B.D. (1994). - Distribution of gold and sulfides at Lupin, Northwest Territories. *Econ. Geol.*, **89**, n° 6, pp. 1217-1227.

Le gisement de Lupin est situé à 400 km au NNE de Yellowknife, dans les Territoires du Nord-Est (Canada). Depuis sa mise en production en 1982, il a produit plus de 67 t d'or à partir de plus de 6,66 Mt de minerai à une teneur moyenne de 10,63 g/t. Les réserves prouvées et probables étaient estimées en 1993 à 3 Mt à 9,61 g/t, auxquelles il

faut ajouter 2,7 Mt de réserves possibles à 8,56 g/t. Le gisement, qui n'est pas encore totalement reconnu, est encaissé dans un niveau d'amphibolites ferrifères rubanées (alternances de métacherts, lits à grunérite et lits à hornblende) appartenant au supergroupe archéen de Yellowknife. La texture rubanée et le grain fin de la minéralisation aurifère à pyrrhotite et arsénopyrite avaient été utilisés comme arguments en faveur d'une mise en place syngénétique. Les auteurs montrent qu'elle est étroitement associée à un réseau dense de filons quartzeux polyphasés occupant des fractures parallèles aux plans axiaux des plis D2 ; la minéralisation sulfurée se développe à partir de ces filons par remplacement plus ou moins intense des amphibolites ferrifères. Les sulfures et l'or se seraient mis en place immédiatement après le pic du métamorphisme.

Cameron E.M. (1993). - Precambrian gold: perspectives from the top and bottom of shear zones. *Canad. Mineral.*, **31**, pp. 917-944.

Les gisements aurifères archéens montrent une relation claire avec les grandes zones de cisaillement transcrustaux. Le district de Kirkland Lake (Ontario) est un bon exemple de la partie supérieure de ces cisaillements : l'or est associé à une période de transtension tardive, durant laquelle se met en place un magmatisme alcalin en relation avec une remontée du manteau. Le CO₂ d'origine mantellique provoquerait alors une carbonatation des roches et transporterait l'or des zones profondes vers les zones plus superficielles. A l'autre extrémité, le cisaillement de Bamble (Sud de la Norvège) permet de comprendre les processus à la base de la croûte. Le métamorphisme y est oxydant du fait de l'introduction de CO₂ par des magmas basiques. Il provoque la transformation de la pyrite en pyrrhotite et permet une libération de l'or par des fluides carboniques. Ce modèle permet de relier la formation des gisements d'or au lessivage observé à la base de la croûte.

Chalier M., Lenain J.F. (1993). - Déconvolution de deux populations d'or et relations avec la compétence et la teneur en sulfures des différents faciès pétrographiques du gisement de Laurières (Haute-Vienne, Massif central français). *C. R. Acad. Sci., Paris*, **317**, (2), pp. 351-358.

Le gisement de Laurières est formé de deux lentilles de quartz à sulfures et or libre représentant respectivement 1,6 t et 1,8 t d'or avec des teneurs moyennes de 13,6 g/t et 10,2 g/t. Les lentilles sont portées par une zone de cisaillement plurikilométrique N60°E. Les auteurs ont conduit une analyse statistique des résultats d'un échantillonnage systématique des fronts d'exploitation. Ont été examinées les teneurs au des différents faciès pétrographiques : paragneiss, orthogneiss et granite pour l'encaissant, quartz gris à sulfures, quartz gris massif, quartz blanc massif et brèche silicifiée pour la structure. L'étude montre que la concentration aurifère résulte de la superposition de deux populations d'or correspondant à deux événements métallogéniques. Les teneurs de la première population sont liées aux teneurs en sulfures des différents faciès. La deuxième population correspond à une remobilisation de la première, mais l'efficacité du processus est subordonnée à la compétence des faciès. Cette deuxième population constitue la partie économique du gisement.

Chauvet A., Menezes M. (1992). - Evolution structurale du Craton de São Francisco : implications sur les minéralisations aurifères de la région d'Ouro Preto, Brésil. *C. R. Acad. Sci., Paris*, **215**, sér. 2, pp. 495-501.

Les minéralisations aurifères filoniennes de la partie sud-ouest du craton de São Francisco dans la région d'Ouro Preto (Quadrilatère ferrifère) sont contrôlées par un chevauchement, accident majeur de l'orogénèse transamazonienne (2000 Ma environ). Ce dernier met en contact les métasédiments de l'Unité Minas, qui renferme les quartzites ferrifères de type Lac Supérieur exploités dans la région, avec l'Unité de Rio das Velhas réputée archéenne, couverture para-autochtone du socle archéen. L'analyse structurale montre que cet accident a été repris lors des déformations de l'orogénèse Brasiliano (600 Ma environ) ; la mise en place des minéralisations aurifères serait associée à un épisode tardif de ces déformations.

Chauvet A., Faure M., Dossin I., Charvet J. (1994). - A three-stage structural evolution of the Quadrilátero Ferrífero: consequences for the Neoproterozoic age and the formation of gold concentrations of the Ouro Preto area, Minas Gerais, Brazil. *Precambrian Research*, **68**, pp. 139-167.

Le Quadrilatère ferrifère du Brésil est l'une des ceintures de roches vertes les plus exploitées du monde, en particulier pour le fer et l'or (gisements de Passagem de Mariana et Morro Velho en particulier). L'une des particularités de cette ceinture est sa complexité structurale qui a donné lieu à des interprétations contradictoires. Les contacts tectoniques entre les unités, parfois minéralisés, sont souvent à faible pendage et indiquent des translations horizontales importantes. Cet article propose un modèle structural basé sur une étude dans le sud de la ceinture, autour d'Ouro Preto. L'évolution tectonique comprendrait trois étapes : (1) une déformation transamazonienne dans des conditions de faciès amphibolite autour de 2000 Ma, correspondant à des mouvements vers le sud ; (2) une déformation brésilienne (600 Ma) dans des conditions de faciès schistes verts, marquée par des charriages intenses vers l'ouest ; (3) un écroulement gravitaire tardi-orogénique au cours duquel se mettraient en place les minéralisations aurifères. Dans ce modèle, les auteurs considèrent donc que les structures distensives (failles de détachement) sont tardives, alors que plusieurs autres équipes géologiques les ont considérées comme précoces. Le gisement d'or de Passagem de Mariana, interprété au début des années 70 par R. Fleischer et P. Routhier comme syngénétique, montre une déformation ductile intense et serait donc d'âge fini-protérozoïque.

Christie B. (1993). - Taking Stock. *Can. Min. J.*, **114**, n° 3, pp. 16-19.

Le gisement aurifère de Hislop, (Timmins, Ontario) est situé dans les roches volcano-sédimentaires archéennes de la ceinture d'Abitibi. Il est localisé dans la zone faillée de Porcupine-Destor orientée NW-SE qui contient une cinquantaine de mines d'or. La minéralisation aurifère est associée à un dyke syénitique, au contact avec des tholéiites altérées au nord et des tholéiites carbonatisées et des talcschistes au sud. Les zones les plus riches correspondent à des failles transversales E-W et NE-SW. Elles sont podiformes et s'étendent sur 50 à 90 m de long et 2,4 à 15 m de large, avec une orientation NW-SE et un plongement vertical. L'or apparaît dans des fractures étroites et

dans des filons de quartz sous forme libre ou associé à la pyrite. Les meilleures teneurs sont toutefois liées à la présence de chalcopyrite. Les réserves seraient de 760 000 t à 5,9 g/t Au. L'exploitation doit démarrer prochainement à un rythme de 145 000 t/an.

Cox F.S., Wall V.J., Etheridge M.A., Potter T.F. (1991) - Deformational and metamorphic processes in the formation of mesothermal vein-hosted gold deposits - examples from the Lachlan fold belt in central Victoria, Australia. *Ore Geol. Reviews*, 6, n° 5, pp. 391-423.

La province aurifère du centre de l'état de Victoria est localisée au nord-ouest de Melbourne, dans la ceinture plissée paléozoïque de Lachlan. Les roches encaissantes des minéralisations sont des schistes et quartzites d'une épaisse série turbiditique ordovicienne, plissés et métamorphisés dans le faciès schiste vert au Dévonien moyen. Cette région a fourni plus de 2 000 t d'or à partir de placers et de gîtes filoniens. Ces derniers sont regroupés en plusieurs champs filoniens orientés nord-sud, suivant la direction des plis ; le plus important est celui de Bendigo, dans la région de Bendigo-Ballararat, avec une production de 540 t d'or primaire et 100 t d'or alluvial. Dans cette région, le réseau filonien s'est développé suivant des ouvertures associées au système de plis et de failles (ouvertures en dilatation le long des failles inverses, fractures d'extension adjacentes aux failles, saddle reefs dans les charnières de plis). L'étude des altérations et la composition géochimique et isotopique des inclusions fluides à C-O-H, montrent que la précipitation de l'or s'est faite par interaction entre des fluides métamorphiques transportant l'or et les schistes graphiteux encaissants. La fluctuation cyclique de la pression des fluides, en relation avec le déplacement des failles, contrôle les phénomènes d'ouverture et de dépôt de la minéralisation.

Evans D.M., King A.R. (1993). - Sediment and shear-hosted gold mineralization of the Tartoq Group supracrustals, southwest Greenland. *Precambrian. Research*, 62, n° 1/2, pp. 61-82.

A la suite de la première découverte d'or dans le Sud-Ouest du Groenland en 1971, des campagnes de prospection ont été effectuées de façon discontinues entre 1972 et 1985, conduisant à la découverte de plusieurs indices. Les minéralisations aurifères sont situées dans la série supracrustale du Groupe de Tartok, sur la marge sud du craton archéen groenlandais. Cette série est constituée essentiellement de roches basiques métamorphisées avec une intensité allant du faciès schistes verts au faciès amphibolites ; son âge est estimé à environ 2,7 Ga ; elle subsiste en lambeaux sur un socle de gneiss migmatitiques datés à 3,1 Ga. Les minéralisations aurifères sont associées à des zones de cisaillement majeures ductiles à ductiles-cassantes, caractérisées par une transformation des roches en un assemblage d'ankérite, quartz et fuchsite. Ces accidents, subparallèles à la stratification et à la schistosité sont postérieurs à la phase principale de plissement ; il en est de même des corps minéralisés qui se sont mis en place dans les zones d'ouverture des cisaillements. Les deux présentations principales sont des veines de quartz boudinées à pyrite $\pm$ arsénopyrite (jusqu'à 300 m d'extension), dont les teneurs en or, très erratiques, peuvent atteindre 19 g/t sur 2,5 m, et des horizons lenticulaires de

sulfures massifs à pyrite, arsénopyrite $\pm$ chalcoppyrite (jusqu'à 900 m d'extension) dont les teneurs varient entre 0,2 et 14 g/t.

Fedorowich J., Stauffer M., Kerrich R. (1991) - Structural setting and fluid characteristics of the Proterozoic Tartan Lake gold deposit, Trans-Hudson Orogen, northern Manitoba. *Econ. Geol.*, **86**, n° 7, pp. 1434-1467.

Tartan Lake est situé dans la province structurale de Churchill du Bouclier canadien, à une vingtaine de kilomètres au nord-est du gisement de Flin Flon. La partie principale de la minéralisation a été découverte en 1984 ; les sondages ont démontré 670 000 t de minerai à 8 g/t Au (5,36 t) dont l'exploitation a démarré en 1987. La minéralisation est associée à une shear zone de 300 m de large, localisée au contact entre un complexe gabbroïque différencié et des métavolcanites datées à 1,875 Ga, métamorphisées dans le faciès schiste vert. Cette structure, constituée d'un réseau de filons anastomosés, a successivement fonctionné en régime ductile, puis en régime ductile cassant. La minéralisation apparaît au cours de cette seconde phase de déformation et comporte 5 phases successives de dépôt ; deux d'entre elles sont minéralisées en or, avec pyrite, chalcoppyrite, tellurures de Bi, rutile, monazite, ainsi que de petites quantités de scheelite, tétraédrite et PGE ; les minéraux d'altération hydrothermale associés à cette paragenèse comportent du quartz, de la dolomite et de la tourmaline. La minéralisation a pu être datée à 1791 ± 4 Ma par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, ce qui la situe 20 à 30 Ma après le pic de métamorphisme. L'étude des inclusions fluides montre qu'elle s'est formée entre 4,3 et 8,6 km de profondeur, à partir de fluides dérivés probablement de la déshydratation métamorphique.

Fiala J.D. (1992). - South Junction gold deposit - Meekatharra. *AusIMM Bull.*, **84**, n° 3 pp. 85-96.

Le gisement de South Junction est situé au sud de la ville de Meekatharra, dans une ceinture de roches vertes du craton archéen de Yilgarn (Western Australia) comportant une succession constituée de volcanites ultrabasiques et basiques puis de volcanites acides et de roches sédimentaires. Des shear zones et des stockwerks aurifères se sont mis en place dans cette série au cours d'une phase de compression est-ouest. La minéralisation est accompagnée d'une importante altération hydrothermale à quartz, carbonates, fuchsite entourée d'un halo à quartz, carbonates, pyrite et galène. Les corps minéralisés se développent dans des zones d'ouverture où s'est déposée une paragenèse à galène, arsénopyrite, chalcoppyrite, sphalérite et tétraédrite dans une gangue à ankérite, silice, pyrite, séricite et fuchsite. L'or, qui contient 15 à 20 % d'argent, a été remobilisé lors de l'altération supergène et s'est concentré dans la zone de cémentation du profil latéritique, sous un niveau argileux allochtone à graviers et pisolithes.

Forde A. (1991) - The late orogenic timing of mineralisation in some slate belt gold deposits, Victoria, Australia. *Mineral. Deposita*, **26**, n° 4, pp. 257-266.

Les gisements de la province aurifère du centre de l'état de Victoria ont fourni plus de 2 000 t d'or (placers et filons de quartz). Les roches encaissantes des gîtes primaires sont

une puissante série turbiditique d'âge cambro-ordovicien à silurien métamorphisée dans le faciès schiste vert. L'analyse microstructurale des relations entre les filons et leurs roches encaissantes montre que la minéralisation aurifère n'est pas déposée lors de la phase principale de déformation régionale, mais durant la phase la plus tardive. La plus grande partie de l'or est associée à une bréchification des filons de quartz et de leur encaissant schisteux, accompagnée par une altération hydrothermale à albite, quartz, muscovite, chlorite, pyrite, ankérite et calcite. L'or est en inclusion dans l'arsénopyrite.

Foster R.P., Piper D.P. (1993). - Archean lode gold deposits in Africa : crustal setting, metallogenesis and cratonization. *In* : S.J. Haynes (ed.), *Vein-type ore deposits. Ore Geol. Reviews*, **8**, n° 4-5, pp. 303-347.

Cet article offre un panorama des gisements aurifères associés à des zones de cisaillement des cratons archéens du continent africain. Inévitablement, les divers domaines archéens ne sont pas tous traités avec le même détail en raison de l'état très différent des connaissances géologiques et de l'intensité de l'exploration d'un pays à l'autre. C'est ainsi que les cratons du Kaapvaal et du Zimbabwe occupent une place plus importante que les autres et que le lecteur trouvera avec intérêt des tableaux synthétiques pour les gisements les plus importants, donnant en particulier des chiffres de production. Par ailleurs, le titre est un peu trompeur puisque les auteurs insistent sur les relations entre les événements tardi-tectoniques accompagnant la cratonisation, auxquels les minéralisations aurifères sont étroitement associées ; cette cratonisation est hétérochrone, elle se produit à 3 Ga dans le craton du Kaapvaal, à 2,6-2,5 Ga au Zimbabwe et en Tanzanie et n'intervient qu'à 2 Ga en Afrique de l'Ouest. Mais n'existe-il pas, en Afrique de l'Ouest par exemple, une cratonisation plus ancienne dans les zones archéennes réactivées ultérieurement ?

Gaal G., Sunblad K. (1990). - Metallogeny of gold in the Fennoscandian shield. *Mineral. Deposita*, **25**, suppl. issue, pp. S 104-S 114.

Revue des différents types de gisements d'or du Bouclier fennoscandien (Baltique) par grands domaines lithostructuraux. Le tonnage total (minerais exploités et réserves) est estimé à 1800 t d'Au. Les greenstone belts de l'Archéen supérieur et du Protérozoïque inférieur, ainsi que les intrusions tonalitiques du Svécofennien inférieur (1,9-1,85 Ga) sont les domaines les plus favorables à de nouvelles découvertes.

Goldfarb R.J., Snee L.W., Miller L.D., Newberry R.J. (1991). - Rapid dewatering of the crust deduced from ages of mesothermal gold deposits. *Nature*, **354**, pp. 296-298.

La datation par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de muscovites (55-56,1 Ma) prélevées dans des filons de quartz aurifère mésothermaux localisés le long d'une zone de cisaillement régionale du sud-ouest de l'Alaska, montre que la mise en place des minéralisations s'est effectuée à l'Eocène, durant un stade tardif de déformation de la cordillère nord-américaine. Les fluides hydrothermaux, formés par réactions métamorphiques dans la croûte subductée le long de la marge de la plaque nord-américaine, ont été libérés à la faveur d'une modification du régime des contraintes correspondant à un changement de

direction du mouvement des plaques. Le passage d'une tectonique convergente à une tectonique transcurrente pourrait avoir favorisé la migration des fluides en accroissant la perméabilité crustale.

Gow P.A., Wall V.J., Oliver N.H.S., Valenta R.K. (1994). - Proterozoic iron oxide (Cu-U-Au-REE) deposits: further evidence of hydrothermal origins. *Geology*, **22**, pp. 633-636.

A Emmie Bluff, 75 km au sud d'Olympic Dam, des sondages dans une zone de superposition d'une anomalie magnétique et gravimétrique ont montré l'existence d'une altération à oxydes de fer de 3 km de diamètre à environ 800 m de profondeur. Sous une faille inverse, une minéralisation à Cu-U-Au (1 à 3 % Cu) avec chalcopyrrite et bornite, se développant sur une centaine de mètres de puissance, est associée à une zone bréchique à hématite qui se surimpose à des skarnoïdes à magnétite en relation avec des intrusions acides. L'étude de cet indice de type Olympic Dam montre, comme cela avait été proposé pour ce gisement, qu'à une première phase hydrothermale de haute température à magnétite se superpose une seconde phase de basse température avec des fluides riches en cuivre et soufre. Ces fluides, canalisés par des failles inverses ayant joué postérieurement au dépôt de la magnétite, ont réagi avec cette dernière en donnant de l'hématite et de la chalcopyrrite. Vers la fin de l'activité hydrothermale se sont produits une séricitisation et le dépôt de fluorine. Les données isotopiques de l'oxygène confirment que la magnétite et l'hématite ne se sont pas formées à partir des mêmes fluides.

Gowen J., Christiansen O., Grahl-Madsen I., Pederson J. (1993). - Discovery of the Naluhaq gold deposit, Kirkespirdalen, SW Groenland. *Intern. Geol. Rev.*, **35**, pp. 1001-1008.

Dans le Sud-Ouest du Groenland, l'existence d'une anomalie de 5 à 10 fois supérieure au fond géochimique a permis la découverte d'un filon de quartz à or visible qui s'étend sur au moins 800 m de long et sur une dénivelée de plus de 600 m. La puissance du filon peut atteindre plusieurs mètres et l'on observe en outre le développement de veinules minéralisées au mur. Un échantillonnage effectué tous les 20 m montre des teneurs en or pouvant dépasser 100 g/t et, en prenant une puissance d'exploitation de 1,4 m, la teneur moyenne serait de 20,96 g/t. Du point de vue économique, ce prospect qui va faire l'objet de sondages bénéficie de plusieurs facteurs favorables : situation à 7 km d'un fjord en eau profonde dans la partie méridionale du Groenland, dont les conditions climatiques sont relativement moins difficiles que plus au nord, exploitation facilitée par la forte dénivellation, or libre facilement récupérable, possibilité d'extension du filon dans une zone masquée par du recouvrement, enfin législation minière particulièrement favorable.

Groves D.I., Vearncombe J.R. (1990). - The scale of ore-depositional system: an important restraint on epigenetic vs remobilized syngenetic origins for Archaean mesothermal gold deposits. *Geol. Rundschau*, **79**, n° 2, pp. 345-353.

Les travaux récents sur les gisements d'or de type "stratabound" associés à des faciès sulfurés des quartzites ferrugineux dans les séries volcano-sédimentaires des greenstones archéennes ont permis d'éliminer une hypothèse purement syngénétique des concentrations aurifères. Le débat porte actuellement sur l'existence ou non de préconcentrations syngénétiques dont la remobilisation aurait donné les concentrations exploitables. Les auteurs rappellent tout d'abord les caractéristiques communes à la plupart de ces gisements et, en particulier : contrôles par des accidents ductiles-cassants, présence de veines de quartz associées au volume de sulfures remplaçant les oxydes ou carbonates de fer initiaux, existence dans le même district et parfois dans le même gisement de concentrations encaissées dans des volcanites ou des corps intrusifs et présentant le même type de contrôle structural. De plus les données isotopiques et celles des inclusions fluides, lorsqu'elles existent, montrent que ces deux types de gisement sont comparables, aussi bien en ce qui concerne l'âge de la mise en place des concentrations, postérieur à celui des roches encaissantes, que de la source des fluides minéralisateurs, différente de celle des quartzites ferrugineux banaux. Par contre le débat reste ouvert en ce qui concerne l'existence de préconcentrations dans les quartzites ferrugineux ; les résultats géochimiques, de qualité indiscutable, présentés par certains auteurs peuvent aussi bien être interprétés suivant un modèle de sécrétion latérale de niveaux particuliers initialement riches en or que comme un halo faiblement minéralisé à la périphérie des concentrations exploitables. Les auteurs pensent qu'il convient de dépasser le cadre local du gisement et de situer l'analyse à l'échelle régionale de l'ensemble d'un craton. Dans le craton du Western Australia, les gisements d'or associés aux formations ferrugineuses font partie d'un système de gisements contrôlés par des structures associées à de grandes shear zones trans-cratoniques. Les données géochimiques disponibles permettent d'envisager un modèle unitaire impliquant des transferts de chaleur et de fluides à l'échelle crustale, un lessivage de l'or et une canalisation des fluides le long des structures majeures. Ces conclusions sont transposables aux autres cratons archéens et, en particulier, au craton canadien.

Hageman S. G., Gebre-Mariam M., Groves D.I. (1994). - Surface-water influx in shallow level Archean lode-gold deposits in Western Australia. *Geology*, **22**, pp. 1067-1070.

Dans les provinces archéennes contenant d'importants gisements d'or mésothermaux, dont la mise en place se fait à une profondeur d'au moins 5 km, il existe des gisements plus superficiels. Les caractéristiques de ces derniers indiquent une mise en place en milieu peu métamorphique et en régime cassant plutôt que ductile. Certains caractères pourraient inciter à les rattacher au type épithermal, tandis que d'autres sont communs au type mésothermal, en particulier leur mise en place post-volcanisme et des âges modèles identiques. Les études d'inclusions fluides et isotopiques permettent de dire qu'elles se sont formées à partir des mêmes fluides mais avec une participation d'eaux

superficielles. Cette interprétation est synthétisée par un modèle dans lequel des fluides profonds métamorphiques et/ou magmatiques déposent d'abord des minéralisations de type "mesothermal lode gold", puis, après mélange avec les eaux superficielles, de type "shallow level lode gold". Ceci implique, ce que les auteurs ne mentionnent pas, que le type de minéralisation actuellement observé en surface reflète un certain niveau d'érosion.

Hageman S.G., Brown P.E., Walde D.H.G. (1992). - Thin-skinned thrust mineralization in the Brasília fold belt : the example of the old Luziânia gold deposit. *Mineral. Deposita*, **27**, n° 4, pp. 293-303.

Le gisement de Luziânia, à 70 km au sud de Brasília, est situé dans la ceinture plissée de Brasília, d'âge protérozoïque supérieur, qui chevauche vers l'est le craton archéen de São Francisco. Découvert en 1756, ce gisement a été exploité jusqu'à la fin du XIXème siècle. La minéralisation aurifère est contrôlée par des shear zones ductiles-cassantes associées aux plans de chevauchement formés lors d'une phase de compression D2 NW-SE. Elle est constituée de veines de quartz subparallèles à la schistosité S2 des roches encaissantes, constituées de schistes à quartz-séricite-chlorite mylonitisés, et des faciès altérés de ces schistes (séricitisation et pyritisation). La mise en place de ces veines, dont la puissance n'excède pas 20 cm, est contemporaine de la déformation cisailante. Deux phases successives de dépôt ont été mises en évidence. La première est à quartz, carbonates, séricite, pyrite, chalcopryrite, arsénopyrite, galène, tétraédrite, rutil ne comporte que de faibles quantités d'or. La seconde, à pyrite, or, calcite ± séricite, chlorite, occupe un réseau de fractures ductiles-cassantes recoupant le premier remplissage. L'essentiel de l'or s'est déposé au cours de cette seconde phase. Le modèle proposé par les auteurs fait intervenir des circulations de fluides métamorphiques canalisés le long des plans de chevauchement ; la précipitation de la minéralisation aurifère de phase 2 serait intervenue plus tardivement à la faveur d'un mélange de ces fluides avec des fluides superficiels.

Hageman S.G., Groves D.I., Ridley J.R., Vearncombe J.R. (1992). - The Archean lode gold deposits at Wiluna, Western Australia : high-level brittle-style mineralization in a strike-slip regime. *Econ. Geol.*, **87**, n° 4, pp. 1022-1053.

Le district aurifère de Wiluna est situé dans la ceinture de roches vertes archéenne du même nom, localisée dans la partie nord du craton de Yilgarn. Ce district, découvert en 1901, a fourni depuis cette date 2,2 M onces Au (68,4 t) et ses réserves sont actuellement estimées à 1,2 M onces (37,3 t). Les caractéristiques géologiques et minéralogiques sont exceptionnelles pour des gisements filoniens archéens. Les minéralisations sont contrôlées par un système de failles cisailantes dextres de direction nord et nord-est. Les roches encaissantes, constituées principalement de volcanites basiques et ultrabasiques montrent un très faible degré de métamorphisme (faciès prehnite-pumpellyite). Les corps minéralisés, localisés dans les zones d'ouverture des accidents cisailants sont constitués en particulier de faciès bréchiques et montrent fréquemment des indices de dépôt en espaces libres telles que des textures en cocardes

et des géodes. La paragenèse comporte quartz, carbonates, fuchsite, pyrite, arsénopyrite et/ou stibine. L'or est en inclusion dans l'arsénopyrite ou la stibine, plus rarement dans le quartz. Dans la zone d'altération qui peut dépasser les 50 m de puissance, les auteurs mentionnent des disséminations à pyrite, arsénopyrite, stibine et, plus rarement, chalcoppyrite, scheelite et tétraédrite. L'étude géologique et structurale montre que le système de failles cisailantes hôte de la minéralisation est un événement tardif dans l'évolution structurale de la ceinture de Wiluna et que les corps minéralisés riches sont apparus vers la fin de la déformation cisailante. Le degré de métamorphisme très faible, le style cassant de la déformation et celui des faciès minéralisés indiquent une mise en place du système hydrothermal à un niveau structural peu profond.

Hanes J.A., Archibald D.A., Hodgson C.J. (1992). - Dating of Archean auriferous quartz vein deposit in the Abitibi greenstone belt, Canada: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ evidence for a 70- to 100-m.y.-time gap between plutonism-metamorphism and mineralization. *Econ. Geol.*, **87**, n° 7, pp. 1849-1861.

La datation par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de muscovites de la mine Sigma (partie orientale de la greenstone belt) indique un âge de 2579 ± 9 Ma, soit près de 100 Ma postérieurement au métamorphisme régional daté à 2680 Ma par la même méthode sur des amphiboles des roches encaissantes. Dans le gisement de Davidson Tisdale, situé dans la région de Timmins, à l'autre extrémité de la greenstone belt de l'Abitibi, des muscovites ont été datées à 2607 ± 10 Ma, soit environ 70 Ma postérieurement au métamorphisme. Les auteurs, après avoir comparé ces datations aux autres données géochronologiques obtenues dans la région, concluent que l'âge des muscovites est celui des minéralisations aurifères ; celles-ci se sont mises en place après les intrusions magmatiques syn à post-tectoniques et le métamorphisme régional.

Harley M., Charlesworth E.G. (1990). - Structural controls in the distribution of gold at How Mine, Bulawayo, Zimbabwe. *Econ Geol.*, **85**, n° 8, pp. 1697-1710.

Le gisement de How Mine est situé au SW du Zimbabwe dans la greenstone belt archéenne de Bulawayo, constituée principalement de volcanites basiques à intermédiaires (partie supérieure du groupe de Bulawayo, 2,8 Ga). Découvert en 1941, ce gisement correspond à un important volume minéralisé à 3,5 g/t Au. Actuellement un minerai à 6,6 g/t est extrait de la mine à raison de 180 000 t/an, donnant une production annuelle de 920 kg d'or. La série encaissante de la minéralisation est constituée de faciès pyroclastiques acides intercalés de shales et de niveaux lenticulaires de quartzites ferrugineux à magnétite et de lentilles calcaires. Le gisement est associé à une zone de cisaillement ductile NW-SE dédoublée au niveau de la mine : les deux accidents, délimitent une zone de 200 m de largeur, à l'intérieur de laquelle les corps minéralisés à fort plongement nord sont localisés dans des zones d'extension à l'intersection entre la schistosité de plan axial et les plans de cisaillement. Plusieurs types de minéralisation ont été reconnus : disséminations dans les halos d'altération (carbonates, sulfures et mica blanc) associés à un réseau de veines de quartz-carbonates, minéralisation dans des lentilles de quartzites à magnétite transformée en pyrite le long de veines de quartz,

disséminations dans des mylonites et des tufs affectés par une altération propylitique (chlorite, clinozoïsite). La paragenèse sulfurée comporte essentiellement de la pyrite (90%), accompagnée d'arsénopyrite, pyrrhotite, chalcoppyrite et chalcocite ; l'or est localisé dans les fractures des sulfures et à la périphérie des grains de ces derniers.

Harley M., Charlesworth E.G. (1992). - Thrust-controlled gold mineralisation at the Elandshoogte mine, Sabie-Pilgrim's Rest goldfield, South Africa. *Mineral. Deposita*, **27**, n° 2, pp. 122-128.

Le district aurifère de Sabie-Pilgrim's Rest, situé sur la marge orientale du bassin protérozoïque du Transvaal, s'étend sur 110 km de long dans le sens nord-sud et 30 km de large. Il a produit environ 180 t d'or provenant de plusieurs gisements contenant chacun 1 Mt de minerai ou plus et de gisements plus petits (teneurs comprises entre 2 et 50 g/t Au). La mine d'Elandshoogte est l'une des deux dernières mines en activité. Les gisements correspondent à de minces filons (2 cm à 2 m, 30 cm en moyenne) de quartz à sulfures ; ces filons sont parallèles au pendage des couches de la séquence du Transvaal constituée de faciès carbonatés et détritiques. A Elandshoogte, le filon est encaissé dans un mince niveau de shales carbonés intercalé dans des dolomies ; ce filon a été suivi sur plusieurs kilomètres de part et d'autre de la mine. La minéralisation aurifère s'est mise en place en deux phases successives, en relation avec le fonctionnement d'une faille chevauchante parallèle aux strates ayant d'abord fonctionné en régime de cisaillement simple, avec la mise en place de la structure quartzreuse reprise au cours des déformations ultérieures avec l'apparition de structures de type duplex et de microplis couchés isoclinaux. La première phase correspond au dépôt de quartz et de pyrite accompagnés d'arsénopyrite et de chalcoppyrite, avec de l'or en inclusions (5-40 µm) dans la pyrite. Au cours de la seconde se dépose l'essentiel de l'or (70%) dans la fracturation du minerai de première génération ; l'or (2-40 µm) est associé à une paragenèse complexe comportant bismuth natif, bismuthinite, cuivres gris, sphalérite et chalcoppyrite. Ce style de minéralisation, qui présente des analogies avec le gisement de Telfer en Australie, a été identifié dans de nombreux gisements du district.

Hattori K. (1993). - Diverse metal sources of Archaean gold deposits: evidence from in situ lead-isotope analysis of individual grains of galena and altaite in the Ross and Kirkland Lake deposits, Abitibi Greenstone belt, Canada. *Contr. Mineral. Petrol.*, **113**, pp. 185-192.

La composition isotopique de grains de galène et d'altaïte a été déterminée pour des échantillons de Kirkland Lake (910 t Au) et de la mine Ross (30 t Au) en Ontario. Les études antérieures avaient montré que la galène de Kirkland Lake était anormalement radiogénique, tandis que celle de la mine Ross ne l'était pas, comme la plupart des autres gîtes archéens. L'étude détaillée montre qu'il n'est pas possible d'imaginer une source unique du plomb des minéralisations aurifères. Il est également peu probable que l'une des sources majeures soit située dans des zones de la croûte profonde en cours de granulitisation car les fluides produits par la déshydratation d'une croûte ancienne seraient riches en plomb très radiogénique. L'hypothèse d'une source mantellique est également réfutée. Bien que certaines données géochimiques soulignent l'unicité des

processus minéralisateurs (isotopes du carbone et chimie des fluides), il est donc probable qu'il existe des sources multiples pour ces gisements d'or.

Hay R., Craw D. (1993). - Syn-metamorphic gold mineralisation, Invincible Vein, NW Otago Schist, New Zealand. *Mineral. Deposita*, **28**, n° 2, pp. 90-98.

Ce gisement, situé dans la partie sud-ouest de la Nouvelle-Zélande, a produit, de 1982 à 1987, 200 kg d'or à partir d'un minerai à une teneur moyenne de 30 g/t. Les roches encaissantes sont des métapélites et métapsammites de la ceinture des schistes d'Otago constituée lors d'une collision d'âge mésozoïque. Elles ont été affectées par une intense déformation ductile polyphasée et un métamorphisme de faciès schistes verts. La mise en place de la minéralisation est synchrone de ces événements. Il s'agit de filons de quartz impliqués dans les phases ultérieures de déformation, renfermant pyrite, arsénopyrite et chalcopyrite accessoire. L'or natif apparaît à la fois dans le quartz, en plages dépassant 100 µm, et dans les sulfures, en grains de 1 à 10 µm. Il aurait été apporté par les fluides métamorphiques et pourrait provenir du lessivage de roches volcaniques basiques comme sembleraient l'indiquer les teneurs anormales en chrome de la minéralisation et les données isotopiques du carbone.

Hayward N. (1992). - Controls on syntectonic replacement mineralization in parasitic antiforms, Haile gold mine, Carolina Slate Belt. *Econ. Geol.*, **87**, n° 1, pp. 91-112.

Le gisement d'or de Haile, en Caroline du Sud, est constitué de plusieurs corps minéralisés lenticulaires à basse teneur contenant environ 23,5 t Au (minerai exploité et réserves prouvées). Localisée dans une unité de roches phylliteuses au sommet d'une série volcano-sédimentaire d'âge protérozoïque à cambrien métamorphisée dans le faciès schistes verts, la minéralisation avait été interprétée comme un dépôt stratiforme d'origine volcanogénique. Il s'agit de corps siliceux de dimensions restreintes (200 x 60 m de long pour 30 à 100 m de large) disposés dans les charnières d'antiformes de second ordre ; les roches encaissantes altérées montrent successivement, du coeur à la périphérie, une zone à pyrite, puis à séricite, à carbonates et à chlorite-épidote. La paragenèse comporte pyrite, molybdénite, tellurures d'Au, Ag, Pb, arsénopyrite, Au natif et des traces de cassitérite. L'étude structurale de la minéralisation et de son encaissant montre que la mise en place des corps minéralisés est syntectonique, contemporaine à postérieure au pic du métamorphisme de faciès schiste vert associé aux stades tardifs de l'orogénèse taconique.

Herrington R.J., Wilkinson J.J. (1993). - Colloidal gold and silica in mesothermal vein systems. *Geology*, **21**, n° 6, pp. 539-542.

Dans les systèmes hydrothermaux associés au volcanisme aérien, on sait que le transport et le dépôt de l'or sont en partie contrôlés par des processus colloïdaux que l'on a pu observer in situ à Yellowstone. Au cours du temps, les dépôts de silice colloïdale recristallisent et il devient difficile de distinguer les textures initiales. Dans les parties plus profondes, les filons aurifères montrent des quartz parfois orientés, parfois

isotropes ; ces derniers sont interprétés comme le résultat de la cristallisation d'un gel. La solubilité de la silice dans ces systèmes est très influencée par la pression ; un modèle numérique montre que des variations de pression associées à la transition entre une pression lithostatique et une pression hydrostatique entraînent la précipitation de silice colloïdale. L'or pourrait aussi être déposé dans des conditions similaires et précipiterait à l'état colloïdal préférentiellement au voisinage des grains de sulfure ou des phyllosilicates en raison de conditions électrostatiques favorables. Au cours de la recristallisation, il migrerait dans les joints des cristaux de quartz. La signification de certaines inclusions fluides des quartz aurifères pourrait donc être fondamentalement remise en cause.

Hutchinson R.W. (1993). - A multistage, multi-process genetic hypothesis for greenstone-hosted gold lodes. *In* : Structural setting and controls on mineral deposits, D.I. Groves et J.M. Bennett (eds.). *Ore Geol. Reviews*, **8**, n° 1-2, pp. 349-382.

Cet article de synthèse et de réflexion concerne plus particulièrement les gisements des ceintures de roches vertes archéennes qui contiennent les gisements les plus nombreux et les plus importants. L'idée maîtresse de cet article est celle d'une phase de préconcentration qui interviendrait lors de l'édification des ceintures de roches vertes et qui, in fine, rendrait compte de la richesse exceptionnelle des cratons archéens. L'auteur envisage des réactions deutéritiques de grande extension, à faible profondeur, dans les conditions fortement réductrices qui prévalaient à l'Archéen, entre l'eau de mer et les roches basaltiques tholéïtiques. Ces réactions seraient à l'origine du lessivage de l'or, de la silice et des carbonates des volcanites, de la carbonatation des couches traversées et du dépôt d'exhalites aurifères constituées en proportion variable de sulfures, ankérite, magnétite et silice. Cette hypothèse rendrait compte en particulier des teneurs en or, faibles mais étendues, constatées dans les formations ferrières de type Algoma. Ces préconcentrations seraient ensuite remobilisées au cours des multiples cycles de remobilisation métamorphique et de redépôt de l'or aboutissant aux concentrations économiques.

Jébrak M. (1992) - Les gisements d'or des tonalites archéennes (Abitibi, Québec). *Mineral. Deposita*, **27**, n° 1, pp. 1-9.

Dans la ceinture de roches vertes archéennes de l'Abitibi, les travaux d'exploration minière de ces dernières années ont mis en évidence plusieurs gisements à l'intérieur d'intrusions tonalitiques précoces de composition sodique, contemporaines du volcanisme. Au total, ces gisements renferment 180 t d'or, avec une moyenne de 15 t par gisement. Le plus important, Silidor, situé aux environs de Rouyn Noranda, contient 26 t d'or dans un minerai à 7 g/t. Deux types de minéralisation ont été identifiés et sont décrits par l'auteur. Le premier correspond à des filons de quartz peu puissants (< 5 m), riches en or et pauvres en sulfures de métaux de base, situés sur ou à proximité immédiate de grands cisaillements ductile. Le second, présentant des affinités avec les gisements de type porphyrique, est localisé dans la zone d'altération de massifs leucogranitiques intrusifs dans les tonalites, dans des corps d'épisyénite ou le long

d'accidents cisailants polyphasés de direction NNE-SSW ; l'or est associé à des disséminations de pyrite et de molybdénite.

Kennedy A. (1990). - Jamestown Gold Mine. *Min. Mag.*, **163**, n° 4, pp. 257-263.

La mine d'or de Jamestown, appartenant à la Sonora Gold Corp.'s, est située dans le célèbre district du Mother Lode, en Californie. C'est l'un des plus importants gisements de cet état. Mis en exploitation en 1987, sa production 1989 a atteint un niveau record de 3,155 t d'or. La société exploitante possède 6 gisements dans le district, dont les réserves sont actuellement estimées à 20,9 Mt de minerai à près de 18 g/t ; cependant, les corps minéralisés n'ont pas été complètement reconnus, ni en extension ni en aval-pendage. Les gisements filoniens, sont contrôlés par un système de failles cisailantes NNW à pendage 65° W recoupant une série métasédimentaire et métavolcanique ; la minéralisation est associée à des phénomènes de séricitisation, silicification et carbonatation.

Kennedy A. (1993). - Kanowna Belle. *Min. Mag.*, **169**, n° 6, pp. 307-310.

Le gisement d'or de Kanowna se trouve dans la ceinture archéenne de Norseman-Wiluna dans l'Ouest australien. A l'inverse de Kambalda, situé dans un environnement mafique et ultramafique, la lithologie est ici sédimentaire et felsique. L'or est associé à d'étroites veines de quartz à sulfures dans une série de porphyres quartzo-feldspathiques intrusifs. L'exploitation en carrière jusqu'à 200 m est prévue pour 6-7 ans à un rythme de 1,5 Mt/an de minerai (1,25 Mt dans le minerai sulfuré) ; les réserves sont évaluées à 6,8 Mt à 4,52 g/t. Le traitement des oxydés se fait par cyanuration. Un circuit avec lixiviation et adsorption sera ajouté pour le minerai réfractaire. Une deuxième phase d'exploitation est prévue en souterrain jusqu'à 350 m de profondeur par une descenderie, puis, au-delà, par un puits. Basé sur des sondages à 1000 m, les réserves sont estimées à 22 Mt à 5,7 g/t Au.

Kerrick R., Cassidy K.F. (1994). - Temporal relationships of lode gold mineralization to accretion, magmatism, metamorphism and deformation - Archean to present: A review. *Ore Geol. Reviews*, **9**, pp. 263-310.

Les travaux de recherche sur la genèse des gisements d'or archéens se sont focalisés ces dernières années sur la question de l'âge des minéralisations par rapport à l'évolution géodynamique des ceintures de roche vertes ; deux options ont été proposées, "or jeune" ou "or tardif". Dans le modèle "or jeune", les minéralisations se mettent en place lors des phases finales de collision. Dans le cas du Sud de la ceinture de l'Abitibi, sans doute la mieux connue du monde, le volcano-plutonisme est daté à 2700 Ma environ, tandis que l'accrétion et la déformation des arcs insulaires se sont produites de 2690 à 2650 Ma, s'achevant par la mise en place de leucogranites issus d'une fusion crustale. L'or se mettrait en place au cours de la déformation. Dans le modèle "or tardif", les minéralisations apparaîtraient au cours de la cratonisation, soit 50 à 100 Ma après la déformation. L'article fait la revue exhaustive des différents arguments en faveur de l'une ou l'autre hypothèse, en favorisant clairement la première. Les arguments exposés

proviennent principalement de la ceinture de l'Abitibi, mais également du craton de Yilgarn (Australie), d'âge et d'évolution assez similaire. Une comparaison avec la zone plissée de Lachlan, dans le Sud-Est de l'Australie, qui contient les célèbres gisements de Bendigo-Ballarat, montre que les gisements présentent des relations similaires avec la déformation.

Kerrick R., Wyman D.A. (1994). - The mesothermal gold-lamprophyre association: significance for an accretionary geodynamic setting, super continent cycles and metallogenic processes. *Mineral. Petrol.*, **51**, n° 2-4, pp. 147-172.

L'association dans l'espace et dans le temps de lamprophyres shoshonitiques et de gisements mésothermaux géants à or n'est probablement pas à rechercher dans la nature du magmatisme mais plutôt dans un cadre géotectonique particulier ; celui-ci est caractérisé par une accréation en transpression de terrains initialement indépendants les uns des autres et/ou d'une ancienne bordure continentale. Le style tectonique d'origine "externe" apparaît comme un stade de la formation des supracontinents qui a surtout existé à l'Archéen autour de 2700 Ma (Canada, Inde, Australie), ainsi qu'au Mésozoïque dans les cordillères nord-américaines. Il est différent du style d'origine "externe", de type alpin ou himalayen, avec collision frontale entre deux croûtes continentales. Cependant, les domaines affectés par ce deuxième type de collision renferment aussi parfois des gisements d'or mésothermaux, mais ils sont moins importants ; de même ils peuvent aussi renfermer quelques lamprophyres shoshonitiques, ce qui est le cas par exemple du Protérozoïque inférieur transhudsonien au Canada.

Lapointe B., Chown E.H. (1993). - Gold-bearing iron formation in a granulite terrain of the Canadian Shield : a possible deep-level expression of an Archean gold-mineralizing system. *Mineral. Deposita*, **28**, n° 3, pp. 191-197.

Le prospect du Lac Lilois est situé dans l'extrémité orientale de la Province du Supérieur, à proximité du contact entre le complexe métasédimentaire d'Ashuanipi et une intrusion tonalitique synmétamorphe ; l'ensemble a été métamorphisé dans le faciès granulite et affecté par la migmatisation entre 2670 et 2650 Ma. La minéralisation est encaissée dans une intercalation lenticulaire (800 x 300 m) de quartzites ferrugineux métamorphisés dans un faciès de type skarn, dans lequel pyrrhotite, arsénopyrite, löllingite, magnétite et pyrite sont associés aux silicates ferromagnésiens. Les sulfures se présentent en remplissage de fissures et en remplacements ; l'or est associé à la löllingite et l'arsénopyrite. La minéralisation, présente un certain nombre de caractéristiques communes avec les gisements aurifères mésothermaux, malgré l'absence de système filonien. Il s'agirait d'après les auteurs de la partie profonde d'un système minéralisé d'extension crustale.

Le Guen M., Lescuyer J.L., Marcoux E. (1992). - Lead-isotope evidences for a Hercynian origin of the Salsigne gold deposit (Southern Massif Central, France). *Mineral. Deposita*, **27**, n° 2, pp. 129-136.

Dans le Paléozoïque du versant sud de la Montagne noire, le gisement de Salsigne, qui montre plusieurs types de minéralisation (présentations stratiformes et filoniennes), est un gisement complexe dont l'interprétation a donné lieu à plusieurs hypothèses contradictoires ; celle d'un dépôt exhalatif-sédimentaire des couches de sulfures stratiformes, remobilisées durant un stade tardif de la déformation hercynienne avait suscité de nombreuses discussions. Les résultats des analyses isotopique du plomb dans les différents types de minerais montrent qu'ils présentent tous une signature hercynienne et qu'ils se différencient très nettement des indices à Pb-Zn-Ba dont la signature est cambrienne. Ces nouvelles données confirment que les différentes présentations de la minéralisation aurifère peuvent être attribuées à un même événement hydrothermal hercynien.

Leitch C.H.B. (1990). - Bralorne : a mesothermal, shield type vein gold deposit of Cretaceous age in southwestern British Columbia. *CIM Bull.*, **83**, n° 941, pp. 53-80.

Le système filonien du gisement de Bralorne-Pioneer a produit, en 70 ans d'activité minière, environ 130 t d'Au et 40 t d'Ag à partir d'un minerai dont la teneur moyenne s'établit à 18 g/t Au et 4 g/t Ag. Localisé à 180 km au nord de Vancouver, à l'Est du complexe plutonique côtier, il s'agit du plus important gisement d'or de Colombie Britannique. Le système filonien s'étend sur une distance de 8 km environ suivant une direction NW-SE, entre deux accidents régionaux de même direction jalonnés par des lanières de serpentinite ; ces dernières pourraient représenter les témoins d'un raccourcissement crustal majeur ultérieurement réactivé par des mouvements transcurrents. La mise en place de la minéralisation est associée à des dykes d'albitites d'âge crétacé supérieur (85-90 Ma) et non aux intrusions de diorite et granite sodique datées du Permien inférieur. Les filons minéralisés contiennent une paragenèse sulfurée à pyrite-arsénopyrite dominantes, dans une gangue de quartz à carbonates, séricite, fuchsite. L'or est à l'état natif et les teneurs les plus élevées semblent corrélées avec l'apparition locale de galène et de sphalérite. Les caractéristiques géologiques, structurales et gîtologiques de ce gisement permettent de le rapprocher des gisements archéens de la Province du Supérieur au Canada.

McDonald D.W., Duke N.A., Hauser R.L. (1993). - Geological setting of the NERCO Con mine and the relationships of gold mineralization to metamorphism, Yellowknife, N.W.T. *Explor. Mining Geol.*, **2**, n° 2, pp. 139-154.

La mine de NERCO Con fait partie du célèbre district de Yellowknife situé sur la bordure occidentale du Lac des Esclaves. La minéralisation aurifère est localisée dans trois shear-zones NNE-SSW d'une ceinture de roches vertes archéennes, qui ont fourni depuis la fin des années 30 plus de 140 t d'or. Il s'agit de lentilles quartzeuses dans des

corridors de schistes à chlorite, séricite, carbonates recoupant la série archéenne. La minéralisation est constituée d'arsénopyrite, pyrite, stibine, chalcoppyrite, sphalérite, scheelite et sulfosels. Une partie importante de l'or est réfractaire, soit qu'il corresponde à des inclusions extrêmement fine dans l'arsénopyrite, soit qu'il soit inclus dans le réseau de ce minéral. Une intéressante zonalité verticale a été constatée dans les gisements exploités jusqu'à plus de 1800 m : l'or réfractaire est plus abondant dans les parties hautes du système, alors que l'or libre domine vers le bas. Les données géochronologiques disponibles indiqueraient que la minéralisation serait postérieure aux phases principales de mise en place d'un complexe plutonique (gabbro à granite) dans les auréoles métamorphiques duquel se sont mises en place les minéralisations ; enfin, les concentrations économiques seraient contrôlées par un corridor thermique NE-SW marqué par une série de stocks granitiques, apophyses du complexe plutonique.

Miller L.D., Barton C.C., Fredericksen R.S., Bressler J.R. (1992). - Structural evolution of the Alaska Juneau lode gold deposit, southeastern Alaska. *Can. J. Earth Sci.*, **29**, pp. 865-878.

Le district de Juneau en Alaska a produit 211 t d'or et 62 t d'argent. Près de la moitié provient du gisement filonien d'AJ qui produisit en outre 15 000 t de plomb. Il s'agit d'un groupe de filons reconnus sur plus de 4,5 km d'extension et sur une profondeur de 1050 m. Les minéralisations datées à 55 Ma, sont encaissées dans une série mésozoïque métamorphisée dans le faciès schistes verts, comportant en particulier des schistes graphiteux. Les zones de cisaillement portant les filons recoupent les trois schistosités antérieures ; ils se sont mis en place au cours d'un épisode extensif entre deux épisodes de déformation. La profondeur de mise en place serait de 10 à 15 km. Les principales veines minéralisées sont orientées NW-SE et montrent un laminage et parfois un boudinage. Des fentes de tension subhorizontales présentent des fibres de calcite. Une analyse structurale suggère que les veines verticales parallèles à la schistosité sont perpendiculaires à σ_1 , tandis que celles qui sont subhorizontales sont associées à un déviateur plus important ($\sigma_1 - \sigma_3$).

Mumin A.H., Fleet M.E., Chrysosoulis S.L. (1994). - Gold mineralization in As-rich mesothermal gold ores of the Bogosu-Prestea mining district of the Ashanti gold belt, Ghana: remobilization of invisible gold. *Mineral. Deposita*, **29**, n° 6, pp. 445-460.

Les minéralisations du district de Bogosu-Prestea font partie de la ceinture aurifère d'Ashanti caractérisée en particulier par des minerais à or invisible camouflé dans le réseau de l'arsénopyrite ; cette ceinture d'âge protérozoïque inférieur représente un système hydrothermal géant, dans lequel l'érosion a fait apparaître des corps minéralisés de type shear-zone formés à des niveaux structuraux différents. Ainsi, la déformation à Bogosu est de style cassant, ce qui traduit un contexte relativement superficiel par rapport à Prestea où la déformation est ductile-cassante. L'étude des sites de l'or dans les minerais de ces deux gisements permet de retracer les différentes étapes d'une évolution polyphasée de la minéralisation caractérisée par des redistributions in situ de l'or, dont l'intensité croît avec la profondeur. Le premier stade de dépôt se fait essentiellement

sous forme d'or intégré dans le réseau de l'arsénopyrite et d'une pyrite arséniée ; cet or est ensuite libéré en partie et redistribué sous forme de particules microniques dans les fissures et aux limites de grains, puis de particules de plus en plus grandes aux limites de grains et dans la gangue. Les conclusions de ce travail pourraient être transposées aux gisements aurifères riches en arsenic de tous âges.

Oberthür T., Saager R., Tomshi H.P. (1990). - Geological, mineralogical and geochemical aspects of Archean Banded Iron-Formation-hosted gold deposits: some examples from Southern Africa. *Mineral. Deposita*, **25**, suppl. issue, pp. S 125-S 135.

Étude d'un échantillonnage réalisé dans des greenstones belts archéennes des cratons du Zimbabwe et du Kaapvaal. Les formations ferrifères, appartenant au type Algoma, représentent pour la plupart des faciès mixtes à oxydes-carbonates (magnétite et sidérite-ankérite). L'or, associé à des sulfures de fer (pyrite, pyrrhotite, arsénopyrite), peut avoir été mis en place suivant diverses modalités, malgré des caractères communs aux différents gisements : dépôt exhalatif-sédimentaire, dans le cas d'horizons sulfurés stratiformes intercalés dans les BIF de la greenstone belt de Gwanda (Zimbabwe) ; reconcentrations, au cours d'événements tectono-métamorphiques, de minéralisations sulfurées syngénétiques à faibles teneurs en or (mine de Golden Kopje, Zimbabwe) ; apports hydrothermaux d'Au-As-Fe au cours d'épisodes de fracturation des niveaux de BIF, plus compétents, et formation de gisements de remplacement à pyrite et arsénopyrite contenant de l'or invisible (mine de Broomstock, Zimbabwe) ; les fluides minéralisants, libérés au cours du métamorphisme, auraient emprunté leurs éléments aux parties profondes des greenstones belts.

Olson S.V., Diakite K., Ott L., Guindo A., Ford C.R.B., Winer N., Hanssen E., Lay N., Bradley R., Pohl D. (1992). - Regional setting, structure, and descriptive geology of the Middle Proterozoic Syama gold deposit, Mali, West Africa. *Econ. Geol.*, **87**, n° 2, pp. 310-331.

Le gisement de Syama, situé dans le Sud du Mali, près de la frontière avec la Côte d'Ivoire, a été découvert par le PNUD en 1986, qui avait identifié par travaux superficiels 1,5 Mt de minerai à 1,67 g/t Au. De 1988 à 1990, BHP-Utah associé au Gouvernement malien réalise 18 000 m de sondages carottés ; la production démarre en 1990 par carrière dans le minerai oxydé à une cadence de 2500 t/jour, dont les réserves sont évaluées à 3 Mt à 3,2 g/t Au. Les réserves géologiques du minerai sulfuré jusqu'à une profondeur de 320 m sont estimées à 21 Mt à 4,2 g/t. Les roches encaissantes de la minéralisation, d'âge protérozoïque inférieur (Birrimien), sont des basaltes altérés, des grauwackes et des andésites lamprophyriques intrusives. La minéralisation, associée à un système de failles inverses, consiste en un stockwerk dense à quartz-ankérite passant à des corps bréchique à quartz-ankérite-albite-pyrite. Les éléments de la brèche et l'encaissant des veinules du stockwerk montrent une altération à ankérite-albite-séricite-quartz-pyrite. La pyrite est le principal porteur de l'or qui apparaît en inclusions submicronique dans les cristaux de ce minéral ou sur leurs bordures.

Peters S.G. (1993). - Formation of oreshoots in mesothermal gold-quartz vein deposits : examples from Queensland, Australia. *In* : S.J. Haynes (ed.), *Vein-type ore deposits. Ore Geol. Reviews*, **8**, n°3-4, pp. 277-301.

Article de synthèse sur les mécanismes de formation des colonnes minéralisées des gisements de type shear-zone à partir d'exemples de gisements de la province de Queensland. Les gisements ayant servi de support à cette étude se sont mis en place à une profondeur de 2 à 5 km, correspondant à la partie supérieure du faciès schistes verts et à une température de 220 à 350°C, dans des shear-zones ductiles-cassantes à cassantes recoupant un encaissant métasédimentaire ou des granitoïdes. Les structures quartzieuses minéralisées sont de taille relativement homogène (extension horizontale supérieure à 1000 m, aval pendage de 100 à 500 m) et les colonnes minéralisées contiennent entre 0,02 et 1 Mt de minerai, avec des teneurs de l'ordre de 35 g/t Au. La minéralisation est constituée de 5 à 10 % de minéraux métalliques dans une gangue quartzieuse, comportant pyrite, galène, sphalérite, arsénopyrite, cuivres gris, tellurures et scheelite ; l'or est sous forme native. Cet article est surtout intéressant pour l'analyse texturale des faciès minéralisés dont l'interprétation permet de définir un modèle d'organisations séquentielle des phénomènes d'altération, de déformation et de dépôt, dont la répétition aboutit aux concentrations économiques.

Piantone P., Wu X., Touray J.C. (1994). - Zoned hydrothermal alteration and genesis of the gold deposit at Le Châtelet (French Massif Central). *Econ. Geol.*, **89**, n° 4, pp. 757-777.

Le gisement filonien du Châtelet est situé dans le nord-ouest du Massif central ; il a produit environ 12 t d'or entre 1905 et 1956 à partir d'un minerai à arsénopyrite aurifère d'une teneur moyenne de 26 g/t Au. La mise en place de la minéralisation est postérieure à une altération hydrothermale régionale à chlorite-phengite. Elle a été accompagnée d'une altération hydrothermale à kaolinite-tosudite-sidérile passant vers le coeur du système à une altération à illite-sidérile puis illite-pyrite. Les données des inclusions fluides indiquent une température inférieure ou égale à 275°C. Il n'y aurait eu qu'une seule phase d'altération et l'arsénopyrite aurifère se serait déposée à la fin de l'épisode hydrothermal, en relation avec une rupture soudaine d'équilibre provoquée par l'ouverture des conduits ; cette hypothèse s'appuie en particulier sur l'apparition de l'arsénopyrite aurifère dans le quartz microcristallin cimentant des brèches à éléments d'encaissant silicifié.

Reinhardt M.C., Davison I. (1990). - Structural and lithologic controls on gold deposition in the shear zone-hosted Fazenda Brasileiro Mine, Bahia state, Northeast Brazil. *Econ. Geol.*, **85**, n°5, pp. 952-967.

Découvert en 1976, ce gisement est situé dans la greenstone belt de Rio Itapicuru, d'âge Protérozoïque inférieur (2,1 Ga), sur la bordure est du craton de São Francisco (état de Bahia). Ses réserves prouvées supérieures à 110 t d'or et le minerai, à 9 g/t Au de moyenne n'ont été reconnus que sur une profondeur de 300 m. Ce gisement fait partie d'un district aurifère, la "Weber gold belt" comportant 11 corps minéralisés principaux, répartis le long d'une shear zone E-W sur une distance de 8 km ; ces corps ont la forme

de lentilles, d'une longueur de 10 à 200 m pour 2 à 15 m de puissance, allongées parallèlement au plongement de la linéation d'étirement. La minéralisation est localisée le long d'un sill mafique situé au contact de basaltes tholéitiques et de schistes et psammites intercalés dans les volcanites. Les roches encaissantes les plus fréquentes sont des schistes à chlorite ferrifère et magnétite. La paragenèse de la minéralisation comporte arsénopyrite, pyrite et or dans une gangue de quartz, albite et carbonates. La mise en place de la minéralisation interviendrait au cours d'une phase de déformation ductile à ductile-cassante, postérieurement à une première phase de déformation ductile. Quatre phases successives de remplissage filonien accompagnées d'une silicification et albitisation des roches encaissantes ont pu être reconnues.

Roberts S., Sanderson D.J., Dee S., Gumiel P. (1991). - Tectonic setting and fluid evolution of auriferous quartz veins from the La Coderosa area, western Spain. *Econ Geol.*, **86**, n° 5, pp. 1012-1022.

La zone de La Coderosa contient de nombreux petits indices d'or marqués par d'anciens travaux romains. Ces indices sont situés dans des grès et schistes dévoniens, à proximité de la zone de cisaillement régionale de Badajoz-Cordoba séparant la zone centre-ibérique, au nord, de la zone d'Ossa Morena, au sud. La minéralisation aurifère est associée à des filons de quartz renfermant de l'arsénopyrite et de la pyrite disséminée ; l'or est rarement visible ; l'altération aux épontes est très limitée. Les indices les plus importants correspondent à des filons N 40° E généralement encaissés dans des schistes noirs, dont la teneur peut être supérieure à 10 g/t mais dont la puissance ne dépasse pas 1,50 m. L'étude des inclusions fluides montre que les solutions minéralisantes étaient riches en CO₂ et méthane, avec des températures de 350-400°C. La relation des filons avec le faciès schistes noirs suggère qu'une réaction entre ces fluides et la matière organique pourrait avoir joué un rôle important lors de la mise en place des minéralisations.

Ronde C.E.J. (de), Spooner E.T.C., Wit M.J. (de), Bray C.J. (1992). - Shear zone-related, Au quartz vein deposits in the Barberton greenstone belt, South Africa: field and petrographic characteristics, fluid properties, and light stable isotope geochemistry. *Econ. Geol.*, **87**, n° 2, pp. 366-402.

La greenstone belt archéenne de Barberton contient plus de 350 gîtes d'or qui ont fourni de 1884 à 1991 plus de 279 t d'or, mais l'essentiel de cette production provient de quatre gisements seulement (Sheba, 81,8 t ; Consort, 61,2 t ; Fairview, 37,5 t ; Agnes, 22,5 t). Le maximum de concentrations aurifères s'inscrit dans une zone en forme d'arc correspondant à la zone de contact sud-est de l'intrusion tonalitique de Kaap Valley et de la ceinture de roches vertes. Des études récentes montrent que ce contact correspond à une semelle de nappe faiblement pentée vers le sud. Les gisements étudiés, encaissés dans des roches mafiques et ultramafiques altérées, sont contrôlés par des zones de cisaillement D₃ localisées dans ou à proximité d'accidents chevauchants D₂. La minéralisation est associée à des veines de quartz-carbonates et à une altération à fuchsite-séricite des roches encaissantes. La paragenèse aurifère, mise en place au cours de la phase principale de déformation ductile-cassante, comporte pyrite, arsénopyrite,

pyrrhotite, marcasite et tétraédrite. L'or est fréquemment de type "réfractaire" en inclusion dans la pyrite, plus rarement dans l'arsénopyrite, mais également en particules dans le quartz. Cette paragenèse est précédée par une paragenèse à rutile, chromite, chalcoppyrite, sphalérite anté-déformation et suivie par une paragenèse à antimoine puis à cuivre, post-déformation. La mise en place de la minéralisation syn-D₃, datée entre 3126 ± 21 Ma et 3084 ± 18 Ma, est postérieure de 100 à 140 Ma aux chevauchements de la phase D₂ et à l'intrusion tonalitique de Kaap Valley, à laquelle on attribuait traditionnellement un rôle majeur dans la genèse des gisements de Barberton.

Sherlock R.L., Jowett E.C., Smith B.D., Irish D.E. (1993). - Distinguishing barren and auriferous veins in the Sigma mine, Val d'Or, Quebec. *J. Canad. Sci. Terre*, **30**, pp. 413-419.

La mine Sigma est l'archétype du gisement filonien des ceintures de roches vertes archéennes ; il est cependant très difficile de distinguer les filons de quartz stériles et minéralisés qui présentent la même orientation, le même type d'altération et la même minéralogie. L'étude des inclusions fluides des filons stériles montre qu'elles sont à H₂O et CO₂ comme celles des filons minéralisés. Mais elles comportent aussi une population à CO₂ seul, alors que les filons minéralisés montrent toujours des inclusions à CO₂, CH₄ et H₂S. Cette différence pourrait témoigner d'une association de l'or et du soufre dans les fluides hydrothermaux.

Sims D. (1993). - Kanowna Belle Gold Mine. *The AusIMM Bull.*, **85**, n° 5, pp. 36-37.

La découverte d'or dans le secteur de Kanowna, situé à une vingtaine de kilomètres au nord-est de Kalgoorlie, remonte à 1893. La minéralisation est principalement associée à un porphyre quartzo-feldspathique intrusif de 60 à 150 m de large, qui plonge de 60 à 70° vers le sud. La minéralisation aurifère est localisée à 70% dans le porphyre, le reste se trouvant dans les grès et conglomérats encaissants. Le métamorphisme a atteint le faciès schistes verts. Le gisement se trouve à proximité de la charnière d'un antiforme. Le porphyre, mis en place le long d'une faille de chevauchement, a subi une déformation cassante contemporaine de la minéralisation. Trois types d'altération ont été individualisées. La zone centrale du gisement, à séricite-carbonate-pyrite-fuchsite, contient l'essentiel de la minéralisation et peut s'étendre dans les sédiments jusqu'à 200 m au toit et 30 m au mur. Elle passe latéralement à une zone à chlorite-calcite. Un troisième type d'altération à quartz-albite-pyrite, d'extension plus restreinte, oblitère les altérations précédentes. L'ensemble a été ultérieurement affecté par une fracturation hydraulique et une carbonatation. Le minéral porteur est la pyrite qui représente 1% de la zone minéralisée. Le minerai oxydé exploitable se trouve entre 30 et 90 m.

Siva Siddaiah N., Hanson G.N., Rajamani V. (1994). - Rare earth element evidence for syngenetic origin of an Archean stratiform gold sulfide deposit, Kolar Schist Belt, South India. *Econ. Geol.*, **89**, n° 7, pp. 1152-1156.

La ceinture de Kolar est localisée au sud de l'Inde, dans le craton archéen de Darwar. Elle est constituée de volcanites basiques tholéïtiques datées à 2700 Ma, contenant des intercalations de BIF et de schistes graphiteux à sulfures, qui ont été métamorphisées dans le faciès amphibolites. Les minéralisations aurifères sont de deux types : filons de quartz-carbonates associés à des zones de cisaillement (teneurs de 10 à 100 g/t Au) ; lentilles stratiformes à arsénopyrite, pyrrhotite et löllingite dans les BIF (3 g/t en moyenne), dans lesquelles l'or est en inclusion dans l'arsénopyrite. Les minerais du gisement de Mallappakonda, qui appartient au second type, présentent des spectres de terres rares qui se distinguent nettement de ceux des filons ; ils sont identiques à celui de la formation ferrifère encaissante et à ceux des formations ferrifères d'autres ceintures de roches archéennes. Les caractéristiques géologiques et géochimiques de ce gisement, ainsi que des données isotopiques préliminaires suggèrent que la minéralisation aurifère pourrait être syngénétique et avoir une origine exhalative.

Sunblad K., Weihed P., Billström K., Markkula H., Mäkelä M. (1993). - Source of metals and age constraints for epigenetic gold deposits in the Skellefte and Pohjanmaa districts, central part of the Fennoscandian shield. *Mineral. Deposita*, **28**, n° 3, pp. 181-190.

Le district de Skellefte et son prolongement en Finlande, le district de Pohjanmaa, constituent une importante province aurifère d'âge protérozoïque inférieur localisée près de la limite du craton archéen. Différents types de gisements y sont connus, depuis des veines de quartz aurifères à tourmaline recoupant des amas sulfurés (Boliden), jusqu'à des minéralisations de type porphyrique, en passant par différentes variétés de filons et shear-zones à Au-As ou à Cu-Au-As. Les résultats de l'analyse isotopique du plomb de ces divers types de gîtes montrent que la mise en place de la minéralisation aurifère est imputable à un événement structural postérieur de 10 à 20 Ma aux événements volcanoplutoniques, probablement associé à l'accrétion de l'arc insulaire de Skellefte sur le craton archéen. La source des minéralisations serait double ; elle proviendrait pour une part les tonalites syncinématiques de type Jörn et, pour l'autre, des volcanites de l'arc insulaire.

Teixeira J.B.G., Kishida A., Marimon, M.P.C., Xavier R.P., McReath I. (1990). - The Fazenda Brasileiro gold deposit, Bahia : geology, hydrothermal alteration, and fluid inclusion studies. *Econ. Geol.*, **85**, n°5, pp. 990-1009.

Cet article, complémentaire de celui de M.C. Reinhardt et I. Davison, apporte d'intéressantes précisions sur la série lithostratigraphique de la "Weber gold belt", les paragenèses minérales et les phénomènes d'altération hydrothermale associés à la mise en place du gisement de Fazenda Brasileiro. La succession lithologique, métamorphisée

dans le faciès schiste vert, comporte successivement une séquence turbiditique à pélites, cherts et grauwackes, puis un sill gabbroïque différencié montrant un enrichissement en fer dans sa partie supérieure où apparaissent des lentilles d'anorthosites ; cet ensemble est surmonté d'un horizon repère précédant une séquence mafique de basaltes et gabbros tholéitiques. L'horizon repère comporte des pélites graphiteuses, des cherts et des roches volcaniques de composition rhyodacitique. La plupart des corps minéralisés sont localisés dans des schistes à chlorites ferrifères et magnétite correspondant aux gabbros riches en fer de la partie supérieure du sill. Trois types principaux de filons de quartz ont pu être distingués : quartz, quartz-carbonates-biotite, quartz-albite-sulfures. La minéralisation la plus riche est associée au dernier type, où les sulfures dominants sont la pyrite et l'arsénopyrite ; l'or natif apparaît aux limites de grain des sulfures, dans des microfractures et en inclusions dans les minéraux de la gangue. L'altération des roches encaissantes est caractérisée, de la périphérie au centre du système, par une diminution de la chlorite, un remplacement de la magnétite par les sulfures et l'augmentation de l'albite et des carbonates, corrélativement à un accroissement de la taille des grains. L'étude des inclusions fluides indique des températures supérieures à 350°C et une faible salinité. Les caractéristiques de l'altération associée à la minéralisation permettraient des comparaisons avec certains gisements des greenstones belts archéennes (Hunt et Sigma, au Canada, et Kerr Adison en Australie).

Thompson M.L. et Fyfe W.S. (1990). - The Crixas gold deposit, Brazil: thrust-related, postpeak metamorphic gold mineralization of possible Brasiliano Cycle age. *Econ. Geol.*, **85**, n°5, pp. 928-942.

Ce gisement découvert au milieu des années 70 dans la partie centrale de l'état de Goiás renferme 7 Mt à 10-12 g/t d'or. Il est localisé dans l'une des trois greenstone belts archéennes de la partie orientale du massif de Goiás, séparées par des terrains granito-gneissiques, montrant toutes la même succession avec, de la base au sommet, des roches ultrabasiques puis basiques métamorphisées recouvertes par des métasédiments. Un autre caractère commun à ces ceintures est la présence d'horizons aurifères au contact ou à proximité du contact entre les ensembles metabasique et métasédimentaire. Le gisement de Crixas peut être considéré comme le modèle de ce type de minéralisation, qui, de prime abord, peut apparaître comme lié aux strates. La zone de contact minéralisée, constituée de schistes sériciteux et chloriteux, de schistes à grenat et à chlorite-magnétite et d'arsénopyrite massive est interprétée comme le résultat d'un épisode hydrothermal associé à une surface de chevauchement, postérieurement au pic d'un métamorphisme à épidote-amphibole.

Vearncombe J.R. (1992). - Archean gold mineralisation in a normal-motion shear zone at Harbour Lights, Leonora, Western Australia. *Mineral. Deposita*, **27**, n° 3, pp. 182-191.

Le gisement de Harbour Lights est situé dans la partie centrale de la ceinture de Norseman-Wiluna, dans le district aurifère de Leonora (235 km au nord-ouest de Kalgoorlie), qui a produit plus de 85 t d'or. L'exploitation à ciel ouvert a démarré en 1985 et les réserves restantes étaient estimées en 1987 à 4 Mt de minerai oxydé à 3,2 g/t

Au et 2,46 Mt de minerai sulfuré à 3 g/t. Le gisement est localisé dans une zone de cisaillement à jeu normal ; celle-ci, pentée à 30°, est subparallèle aux roches encaissantes schistosees, constituées de komatiites et de basaltes tholéitiques hypermagnésiens fortement altérés (fuchsite, biotite magnésienne, quartz et carbonates). La minéralisation, associée à des veines de quartz et quartz-carbonates parallèles à la foliation, est constituée essentiellement de pyrite et d'arsénopyrite, avec des traces de chalcopryrite, pyrrhotite, tétraédrite et gersdorffite. Les corps minéralisés sont subparallèles à la linéation d'étirement. Outre le jeu cisailant normal de la structure, l'originalité de ce gisement par rapport à tous les autres gisements aurifères mésothermaux est que la minéralisation s'est mise en place au cours d'une première phase de déformation ductile-cassante précédant une seconde phase de déformation en régime ductile. Ceci pourrait être expliqué par une pression des fluides minéralisateurs extrêmement élevée, capable de compenser la pression lithostatique.

Vearncombe J.R. (1993). - Quartz vein morphology and implications for formation depth and classification of Archean gold-vein deposits. *Ore Geol. Reviews*, 8, pp. 407-424.

Une classification des remplissages de veines de quartz basée sur la direction de croissance est proposée. Sept catégories sont distinguées : (1) épousant la face des cristaux ; (2) contrôlée par le déplacement des épontes ; (3) parallèle ; (4) radiale ; (5) sans direction ; (6) remplacement ; (7) modifiée. Il ne semble pas y avoir une relation stricte avec le type de minéralisation : ainsi, on observe les sept catégories dans les gisements d'or du craton de Yilgarn, en Australie. Toutefois, les structures parallèles et radiales s'observent près de la surface, tandis que les structures en déplacement et non directionnelles sont associées aux zones de faciès schistes verts ou amphibolites. Un glossaire des principaux termes utilisés en anglais pour décrire la croissance du quartz complète l'article.

Wilkins C. (1993). - A post-deformational post-peak metamorphic timing for mineralization at the Archean Big Bell gold deposit, Western Australia. *Ore Geol. Reviews*, 7, n° 6, pp. 439-483.

Le gisement de Big Bell est situé dans la greenstone belt archéenne de Meekatharra-Widgee, dans la partie nord-ouest du Craton de Yilgarn. Il s'agit d'un gisement à fort tonnage (28 Mt de minerai) et faible teneur (3,3 g/t Au), dont la particularité est de correspondre à un niveau de schistes à muscovite apparemment interstratifié entre un mur de volcanites basiques et ultrabasiques et un toit de schistes à intercalations de volcanites acides et basiques. Sa genèse restait énigmatique ; la minéralisation avait été interprétée soit en terme d'hydrothermalisme synchrone du volcanisme, soit comme antérieure au pic du métamorphisme (faciès amphibolites). L'analyse structurale du gisement et de son encaissant montre en fait que la minéralisation s'est déposée postérieurement à la déformation principale, où cinq phases successives ont été identifiées, et au pic du métamorphisme. Elle n'est pas contrôlée par une shear zone, ce qui constitue une originalité par rapport aux autres gisements d'or archéens.

Williams P.J. (1991). - Geology, alteration and mesothermal Au-Ag mineralization associated with a volcanic intrusive complex at Mt. Shamrock-Mt. Ophir, SE Queensland. *Mineral. Deposita*, **26**, n° 1, pp. 11-17.

La zone étudiée, située à 275 km au NNW de Brisbane, a produit dans le passé 700 kg d'or provenant des parties riches d'un corps bréchique de Mt. Shamrock. La minéralisation à Au-Ag-As (Cu, Mo) est associée spatialement à un complexe volcanique isolé dans une série permo-triasique marine plissée et métamorphisée, recoupé par un stock porphyrique andésito-dacitique. Elle est contrôlée en fait par une structure NE-SW plus récente, parallèle à des accidents majeurs d'âge tardi-triasique. Elle consiste en corps bréchiques, filons et stockwerks recoupant le complexe intrusif et les siltites permienes encaissantes affectés par une altération pervasive polyphasée à silice, séricite, carbonates, tourmaline et sulfures disséminés. Les caractéristiques de la minéralisation et de l'altération associée ne sont pas typiques d'un gisement de type porphyry; elles font davantage penser à un modèle de gisement tectono-métamorphique formé à une profondeur plus importante.

Witt W.K. (1992). - Porphyry intrusions and albitites in the Bardoc-Kalgoorlie area, Western Australia, and their role in Archean epigenetic gold mineralization. *Can. J. Earth Sci.*, **29**, pp. 1609-1622.

Le terme de porphyre est utilisé fréquemment en Australie occidentale pour décrire de petites intrusions acides à intermédiaires. La zone de Kalgoorlie montre plusieurs intrusions de ce type auxquelles plusieurs gîtes d'or sont associés : Hampton-Boulder (25 t Au), Sand Queen (5,6 t), Mount Percy (2,5 t). Dans le domaine adjacent de Coolgardie, on compte également plusieurs gisements importants du même type : Bayleys (8,5 t), Brillant-Tindalls (9,3 t), Barbara-Sunrise (4,5 t). 25 à 30% des mines d'or de la région sont au voisinage ou dans ces roches porphyriques. L'âge de ces intrusions reste mal défini, mais il semble s'agir de plutons post-tectoniques qui peuvent être soit des porphyres à quartz-feldspaths dans des roches volcaniques mafiques, soit des porphyres à hornblende-plagioclase, avec éventuellement des albitites, dans des komatiites. On y observe une albitisation intense qui contraste avec l'altération potassique observée dans les roches encaissantes. Une modélisation géochimique montre qu'un même fluide pourrait produire ces deux types d'altération.

GISEMENTS DES SYSTEMES PORPHYRIQUES
(porphyres à Cu-Au, sharns aurifères, mantos)

Cabri J., Chrysosoulis S.L. (1990). - Genesis of the Olympias carbonate-hosted Pb-Zn (Au, Ag) sulfide deposit, eastern Chalkidiki Peninsula, Northern Greece - A discussion. *Econ. Geol.*, **85**, n° 3, pp. 651.

Les auteurs apportent des précisions importantes sur la localisation de l'or, complétant ainsi les descriptions de S.I. Kalogeropoulos *et al.* (1990), dont nous avons rendu compte dans le n° 500 de la Chronique (p. 70). Dans le minerai, qui contient 5,5 g/t Au, près de 90% de l'or est "invisible" ; cet or, réfractaire à un traitement par cyanuration, est dans le réseau de l'arsénopyrite et de la pyrite, isolées au cours des opérations de flottation en un concentré séparé contenant près de 30 g/t Au.

Cramisic J.N. (1994). - Exploration in New South Wales. *AusIMM Bull.*, n° 4, pp. 64-68. Muller D., Heithersay P.S., Groves D.I. (1994). - The shoshonitic porphyry Cu-Au association in the Goodnumba district, NSW, Australia. *Mineral. Petrol.*, **51**, n° 2-4, pp. 299-321.

En Nouvelles-Galles-du-Sud, en dehors du socle protérozoïque de la région de Broken Hill, des amas sulfurés sont connus depuis longtemps dans la ceinture paléozoïque de Lachlan ; ils peuvent être encaissés dans des faciès volcano-sédimentaires (Capitains Flat) ou sédimentaires (Cobar, Elura) ; on y connaît également des filons aurifères. La présence du type porphyry à Cu-Au est un élément nouveau dans cette ceinture : c'est le gisement de North Parkes mis en exploitation en 1994 (67 Mt à 1,3% Cu et 0,6 g/t Au), mais aussi de nombreux prospects tels que Cadia Hill (92 Mt à 1,1 g/t Au et 0,19% Cu), de Lake Cowe (30 Mt à 1,6 g/t Au) et surtout d'Endeavour (166 Mt à 0,74% Cu, 0,12 g/t Au et 1,7 g/t Ag). La minéralisation est associée à un magmatisme shoshonitique comportant des laves (andésites, latites, trachytes) et des intrusions monzonitiques tardi-ordoviciennes datées à 439 Ma. Elle est étroitement liée à une altération potassique locale qui se développe à l'intérieur d'une large auréole propylitique. Géochimiquement, le magmatisme est caractéristique d'un environnement d'arc insulaire sur croûte océanique, à un stade tardif de son évolution. Un tel environnement a bien été mis en évidence dans le Cénozoïque de Papouasie - Nouvelle-Guinée où des porphyres à Cu-Au sont associés à un magmatisme shoshonitique (Porgera, OK Tedi, etc.). Ces exemples tendent aussi à montrer qu'il existe un lien génétique entre minéralisations à Cu-Au et shoshonites.

Fraser R.J. (1993). - The Lac Troilus gold-copper deposit, northwestern Quebec : a possible Archean porphyry system. *Econ. Geol.*, **88**, n°6, pp. 1685-1699.

Ce gisement, découvert à la fin des années 80 par la société Kerr Addison Mines Ltd., est situé à 120 km au nord de Chibougamau, dans la partie nord-est de la ceinture de roches vertes archéenne d'Evans-Frotet. Les réserves géologiques du gisement sont estimées à 60 Mt de minerai contenant environ 78 t Au (teneur du minerai entre 1 et 3 g/t), 93 t Ag et 60 000 t Cu. La minéralisation est constituée de sulfures disséminés et en veinules, comportant chalcopyrrite, pyrite et pyrrhotite ± sphalérite. L'or est généralement sous forme d'électrum. La nature et la zonalité des altérations, centrées sur

un dyke felsique, de même que la zonalité des minéraux métalliques conduisent à penser que le gisement du lac Troilus présente des similitudes avec les gisements porphyriques à Cu-Au du Phanérozoïque.

Jones B.K. (1992). - Application of metal zoning to gold exploration in porphyry copper systems. *J. Geochem. Explor.*, **43**, n° 2, pp. 127-155.

Des découvertes récentes de gisements d'or au voisinage de porphyres cuprifères enrichis en or montrent qu'il existe un potentiel dans les zones périphériques des intrusions qui n'ont été que rarement explorées pour l'or de façon systématique. A partir de divers exemples, l'auteur définit un schéma idéal de zonalité des systèmes porphyriques à or, avec, du centre à la périphérie : un coeur stérile ou sub-économique, une zone à molybdène, à bornite-or, à chalcoppyrite, puis un halo pyriteux où l'or peut exister dans des shear zones ou des skarns distaux, enfin une zone à Pb-Zn-Ag et or pouvant être remplacée par une zone à gîtes aurifères épithermaux distaux. Des variations considérables peuvent exister d'un district à l'autre comme le montrent les exemples sur lesquels s'appuie l'auteur, d'autant que des événements tardifs peuvent modifier la distribution initiale de l'or. Cependant, l'analyse de la répartition zonale des métaux peut être un outil de recherche prévisionnelle permettant de définir de nouvelles cibles d'exploration dans l'emprise d'un système porphyrique, en particulier lorsque l'intrusion recoupe des formations carbonatées.

Kalogeropoulos S. I., Kiliass S. P., Bitzios D. C., Nicolaou M., Both R. A. (1989). - Genesis of the Olympias carbonate-hosted Pb-Zn (Au, Ag) sulfide ore deposit, eastern Chalkidiki Peninsula, northern Greece. *Econ. Geol.*, **84**, n° 5, pp. 1210-1234.

En 1986, les réserves du gisement d'Olympias localisé dans le Paléozoïque du massif serbo-macédonien étaient estimées à 16 Mt de minerai à 3,5% Pb, 5% Zn, 120 g/t Ag et 5,5 g/t Au. Le gisement d'allure générale stratiforme est encaissé dans la série de Kerdilia, métamorphisée dans le faciès amphibolite et recoupée par diverses roches intrusives tertiaires (granodiorite de Straton, dykes de lamprophyres, pegmatites et aplites de composition granitique à tonalitique) ; il se situe plus précisément dans un horizon de marbres et dans la zone de contact entre ces derniers et des gneiss à biotite surincombants ; la paragenèse comporte pyrite, galène, sphalérite et arsénopyrite dans une gangue de quartz, calcite et rhodocrosite. L'histoire tectono-métamorphique polyphasée de la série encaissante est très complexe ; elle pourrait avoir débuté au Paléozoïque et s'achève à l'Eocène-Oligocène avec le métamorphisme développé au contact du cortège intrusif tertiaire. Les minéralisations, qui se présentent sous forme de remplissages de cavités et de fractures, de disséminations et de rubanements, correspondent à deux épisodes distincts de mise en place : une partie en effet, déformée, serait contemporaine de l'épisode tectono-métamorphique au cours duquel se met en place la granodiorite de Straton ; l'autre partie, constituant l'essentiel du gisement ne montre pas de déformation. Les auteurs s'appuyant sur un argumentaire géochimique (analyses isotopiques de Pb, S et O) et sur les études d'inclusions fluides pensent que les deux types de minéralisation correspondent à un phénomène métallogénique unique : le

gisement est un gisement de remplacement de type skarn, associé à l'histoire de la mise en place du cortège intrusif tertiaire.

Mertig H.J., Rubin J.N., Kyle J.R. (1994). - Skarn Cu-Au orebodies of the Gunung Bijih (Ertsberg) district, Irian Jaya, Indonesia. *J. Geochem. Explor.*, **50**, n° 1-3, pp. 179-202.

Le district de Gunung Bijih (Ertsberg), situé dans la chaîne centrale de l'Irian Jaya, comporte plusieurs gisements de type skarn associés à l'intrusion dioritique pliocène d'Ertsberg mise en place à 2,9 Ma dans une série carbonatée d'âge tertiaire. Cet article donne une description géologique des trois principaux skarns à cuivre-or : Ertsberg (33 Mt à 2,5% Cu et 0,8% Au), GBT (100 Mt à 2,1% Cu et 0,8 g/t Au) et Dom (31 Mt à 1,5% Cu et 0,4 g/t Au).

Page T.C., Miller M.A., Gibson P.C., Sell J.D. (1994). - Geology and geochemistry of the Yarnell gold deposit. *Min. Eng.*, **46**, n° 9, pp. 1061-1064.

Le gisement d'or de Yarnell est situé à 100 km au nord-est de Phoenix, Arizona. La minéralisation aurifère est associée à un stock de composition granitique à granodioritique, intrusif dans des roches métamorphiques d'âge protérozoïque. L'ensemble est recouvert par des coulées de laves andésitiques et basaltiques d'âge tertiaire. La minéralisation est contrôlée par la faille de Yarnell, plongeant à 30°-50° vers le nord-ouest, dont le passage est marqué par des mylonites et des microbrèches hydrothermalisées. Trois types d'altération hydrothermale ont été identifiés dans une enveloppe qui peut se développer sur une hauteur de 90 m au toit de la zone faillée : la zone externe est caractérisée par une faible altération propylitique à chlorite, épidote et calcite ; la zone intermédiaire par la séricitisation de la biotite et du plagioclase, de nombreuses veines de quartz et la présence de pyrite et de spécularite ; enfin, la zone interne, au voisinage de la faille, montre une altération potassique avec une intense séricitisation ou une silicification. Cinq générations de veines et veinules de quartz à adulaire, pyrite ou spécularite ont été identifiées. Une première zone minéralisée, coïncidant avec la faille, d'une épaisseur de 6 à 50 m, contient 3,7 Mt de minerai à 1,7 g/t Au, en prenant une teneur de coupure de 0,7 g/t. Une seconde zone, au toit de la faille, contient 2,4 Mt à 0,6 g/t, avec une teneur de coupure de 0,4 g/t.

Reyes M. (1991). - The Andacollo strata-bound gold deposit, Chile, and its position in a porphyry copper-gold system. *Econ. Geol.*, **86**, n° 6, pp. 1301-1316.

Le district minier d'Andacollo est situé dans la cordillère côtière du Chili central, à 400 km au NNE de Santiago. Cette région comporte une série volcanique andésitique à dacitique d'âge crétacé inférieur à supérieur recoupée par une intrusion porphyrique de composition tonalitique. Le système hydrothermal comporte un porphyre cuprifère à or (0,25 g/t) passant latéralement au nord-ouest et à l'ouest à des minéralisations aurifères épithermales de type adulaire-séricite. Les réserves du porphyre cuprifère sont estimées

à 300 Mt à 0,7% Cu et 0,25 g/t Au, dont 70 Mt d'un minerai enrichi dans la zone d'altération supergène. Les minéralisations aurifères périphériques se rencontrent en filons et, d'autre part, sous forme de mantos à différents niveaux de la série volcanique dans les faciès à forte porosité ; les parties les plus riches en or des mantos (20 à 30 g/t et plus) se situent à l'intersection de fractures. L'or est associé à la pyrite et à de petites quantités de sphalérite et chalcoppyrite.

Sillitoe R.H. (1991). - Gold metallogeny of Chile - an introduction. *Econ. Geol.*, **86**, n° 6, pp. 1187-1205.

Les Andes du Chili sont devenues une province aurifère majeure à la suite des nombreuses découvertes à la fin des années 70 et au début des années 80 : le tonnage métal cumulé des 18 gisements les plus importants, contenant au minimum 10 t, est supérieur à 1000 t d'or. Ces gisements sont pour la plupart de type épithermal ou porphyrique ; une partie importante d'entre eux est associée à des systèmes porphyriques, avec des gisements métagénétiques au contact des intrusions, puis successivement des gîtes épithermaux de type adulaire-séricite et "acid sulfate". Ces derniers, les plus importants du point de vue économique, sont généralement associés au magmatisme miocène et les Andes du Chili contiendraient la première province aurifère mondiale pour ce type de gisement. La répartition régionale des différents types de gisement peut être expliquée par une diminution progressive d'est en ouest de la profondeur d'érosion. A la même époque (Miocène), le Sud du Pérou et le Sud de la Bolivie sont caractérisés par l'abondance des gisements de type adulaire-séricite, riches en argent.

Vila T. (1991). - Gold-rich porphyry systems in the Maricunga belt, northern Chile. *Econ. Geol.*, **86**, n° 6, pp. 1238-1260.

La ceinture de Maricunga est située dans la partie nord de la cordillère des Andes du Chili ; il s'agit d'un chaînon volcanique nord-sud de 200 x 50 km comportant 6 complexes volcaniques de grandes dimensions, limité de part et d'autre par un système de failles inverses. Les travaux d'exploration menés depuis la fin des années 80 ont conduit à la découverte de 9 gisements porphyriques à or contenant des quantités variables de cuivre ; les réserves cumulées de ces gisements atteignent 420 t Au et 14 000 t Ag. Les teneurs en or varient de 0,9 à 1,6 g/t. La minéralisation est associée à des stocks porphyriques de composition dioritique à granodioritique, intrusifs dans des strato-volcans andésitiques à dacitiques. L'or se trouve dans les stockwerks quartzeux de la zone d'altération à quartz-séricite-chlorite surimposée à une altération potassique ; la paragenèse métallique associée à l'or comporte magnétite, hématite, pyrite, de petites quantités de chalcoppyrite et des traces de bornite molybdénite. Plusieurs de ces stockwerks porphyriques passent progressivement sur leurs bordures à des zones d'altération de type "acid sulfate" contenant barytine, soufre natif et énargite, avec parfois des filons siliceux à pyrite, énargite, luzonite et cuivres gris. Le système porphyrique se serait mis en place à une profondeur de 600 à 1000 m. Des minéralisations comparables existent aux Philippines, où le contexte géodynamique est bien différent.

Page T.C., Miller M.A., Gibson P.C., Sell J.D. (1994). - Geology and geochemistry of the Yarnell gold deposit. *Min. Eng.*, **46**, n° 9, pp. 1061-1064.

Le gisement d'or de Yarnell est situé à 100 km au nord-est de Phoenix, Arizona. La minéralisation aurifère est associée à un stock de composition granitique à granodioritique, intrusif dans des roches métamorphiques d'âge protérozoïque. L'ensemble est recouvert par des coulées de laves andésitiques et basaltiques d'âge tertiaire. La minéralisation est contrôlée par la faille de Yarnell, plongeant à 30°-50° vers le nord-ouest, dont le passage est marquée par des mylonites et des microbrèches hydrothermalisées. Trois types d'altération hydrothermale ont été identifiés dans une enveloppe qui peut se développer sur une hauteur de 90 m au toit de la zone faillée : la zone externe est caractérisée par une faible altération propylitique à chlorite, épidote et calcite ; la zone intermédiaire par la séricitisation de la biotite et du plagioclase, de nombreuses veines de quartz et la présence de pyrite et de spécularite ; enfin, la zone interne, au voisinage de la faille, montre une altération potassique avec une intense séricitisation ou une silicification. Cinq générations de veines et veinules de quartz à adulaire, pyrite ou spécularite ont été identifiées. Une première zone minéralisée, coïncidant avec la faille, d'une épaisseur de 6 à 50 m, contient 3,7 Mt de minerai à 1,7 g/t Au, en prenant une teneur de coupure de 0,7 g/t. Une seconde zone, au toit de la faille, contient 2,4 Mt à 0,6 g/t, avec une teneur de coupure de 0,4 g/t.

GISEMENTS EPITHERMAUX

Anonyme (1992). - Oronorte Gold Mine, Columbia. *Min. Mag.*, **166**, n° 4, pp. 195-200.

Depuis novembre 1990, Greenstone Resources exploite le filon aurifère de Oronorte, en Colombie. Située à 250 km au nord de Bogota, la mine de Oronorte produit 6 à 8 t d'or par an. Les réserves prouvées et probables s'élèvent à 111 525 t de minerai à 17,5 g/t. Les réserves possibles seraient de 300 000 t à 17 g/t. Le filon de quartz épithermal, orienté à 355°, avec un plongement de 42°W, est contrôlé par la grande faille de l'Otu. Il est associé à l'intrusion tonalitique Antioquian d'âge crétacé tardif. Le filon se trouve dans les gneiss du Groupe Valdivia qui appartiennent à une épaisse séquence volcano-sédimentaire, plissée et métamorphisée, d'âge paléozoïque. La puissance du filon oscille entre 30 et 70 cm et augmente avec la profondeur. La minéralisation est continue sur une distance de 200 m et se poursuit jusqu'à 200 m de profondeur. La teneur moyenne en sulfures varie de 5 à 12% : la pyrite est dominante ; galène et tétraédrite sont fréquentes ; sphalérite et chalcoppyrite sont plus rares. Les particules d'or, dont la taille varie entre 1 et 5 microns, se présente en intercroissance dans la galène. Le rapport Au/Ag est de 1/1,2. Les sulfures sont distribués en bandes de 2 à 5 mm. Plusieurs autres prospectifs aurifères ont été identifiés dans un rayon de 125 km autour de la mine d'Oronorte. Ces prospectifs appartiennent à trois types de structures filoniennes différentes. Rappelons que la Colombie est le troisième producteur d'or de l'Amérique Latine.

Anonyme (1994). - Lone Tree Mine - Plenty of natural hot water. *Engin. Min. J.*, **195**, n° 11, pp. 31-34.

La mine de Lone Tree, située à 55 km à l'est de Winnemucca dans le Nord du Nevada, a produit près de 5 t d'or en 1993. Le gisement est situé dans des cherts et roches volcaniques d'âge paléozoïque recoupés par des intrusifs tertiaires. L'or est principalement associée à la pyrite et à la marcasite, accessoirement à l'arsénopyrite, dans des brèches hydrothermalisées. Ces brèches correspondent à une zone intensément fracturées, la "Wayne zone", associée à des failles d'effondrement. Cette zone, orientée nord-sud, plonge vers l'ouest suivant un angle de 65-75°. La minéralisation y serait de type adulaire-séricite. Les réserves sont estimées à 124 t Au, dont 93 t récupérables. Les deux exploitations à ciel ouvert produisent 35 Mt/an de minerai. L'originalité de cette mine tient dans le rejet d'un tonnage d'eau équivalent à celui du minerai extrait. Le coût de production direct est de 208 \$/once et le prix de revient total de 275 \$/once.

Anonyme (1994). - Twin Creeks - Saving the biggest to last. *Engin. Min. J.*, **195**, n° 11, pp. 38-40.

L'exploitation de Twin Creeks se trouve à 70 km au nord-est de Winnemucca, dans le Nord du Nevada. Elle est située à l'extrémité nord d'une zone de près de 100 km de long, le "Rabbit Trend", orientée nord-sud et qui contient de nombreux gisements de "type Carlin". Elle rassemble les deux gisements de Rabbit Creek et Chimney Creek, respectivement mis en exploitation en 1989 et 1987. La minéralisation à pyrite, stibine, orpiment et réalgar est encaissée dans des shales et des calcarénites interstratifiés dans des coulées de laves et des tufs basaltiques d'âge ordovicien inférieur. L'ensemble forme

une structure qui plonge de 15 à 20° vers le sud, sous un recouvrement alluvial dont l'épaisseur varie de 15 à 350 m. La production actuelle, d'environ 15 t d'or par an, est assurée par l'exploitation du minerai oxydé. Un projet de développement est à l'étude pour approfondir les deux puits de plus de 100 m, de manière à pouvoir exploiter les réserves restantes qui sont constituées à 57% par du minerai sulfuré. Le minerai est traité par cyanuration en tas ou par cyanuration en cuve de type "carbon-in-leach".

Arehart G.B., Foland K.A., Naeser C.W., Kesler S.E. (1993). - $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, K/Ar, and fission track geochronology of sediment-hosted disseminated gold deposit at Post-Betze, Carlin Trend. *Econ. Geol.*, **88**, n° 3, pp. 622-646.

L'âge des minéralisations aurifères de type Carlin fait l'objet de discussions depuis de nombreuses années ; certains auteurs leur attribuent un âge crétacé, alors que d'autres, arguant en particulier du fait que l'activité magmatique et hydrothermale a été particulièrement importante au Tertiaire, sont partisans d'une mise en place à cette époque. Les travaux géochronologiques des auteurs ont été réalisés sur des échantillons prélevés dans le gisement Post-Betze, qui renferme la plus grande concentration aurifère du Carlin Trend (plus de 778 t). Les résultats des analyses donnent un âge crétacé inférieur (117 Ma) pour les minéralisations. Ceci impliquerait en particulier que leur mise en place se serait faite en contexte compressif et non distensif. D'autre part, la distribution des gisements suivant un alignement remarquable suggère l'existence d'une zone de fragilité crustale permanente qui pourrait avoir contrôlé les intrusions et l'activité hydrothermale associée. Enfin, les relations entre les minéralisations, cette structure et le craton précambrien suggèrent une source profonde de l'or.

Arehart G.B., Kesler S.E., O'Neil J.R., Foland K.A. (1992). - Evidence for the supergene origin of alunite in sediment-hosted micron gold deposits, Nevada. *Econ. Geol.*, **87**, n° 2, pp. 263-270.

Les gisements d'or micronique de type Carlin du Nevada, qui alimentent l'essentiel de la production d'or des USA, contiennent fréquemment de l'alunite, considérée comme hypogène par un certain nombre d'auteurs. Les observations de terrain montrent que la formation de l'alunite, qui remplit des fractures du minerai ou forme des amas de remplacement dans ce dernier, correspond à un phénomène supergène. Des études isotopiques confirment cette interprétation : la composition isotopique du soufre de l'alunite, identique à celle de la pyrite, indique qu'elle dérive de l'oxydation de cette dernière ; celles de l'oxygène et de l'hydrogène tombent dans le champ des alunites supergènes. Enfin, la datation de l'alunite par la méthode K/Ar indique un âge nettement plus récent que celui de la minéralisation primaire. L'alunite ne peut donc être utilisée pour l'exploration de ce type de gisement, puisqu'elle n'appartient pas à la paragenèse d'altération hydrothermale ; elle est par contre un bon indicateur paléoclimatologique.

Baker E.M., Andrew A.S. (1991). - Geologic, fluid inclusion, and stable isotope studies of the gold-bearing breccia pipe at Kidston, Queensland, Australia. *Econ. Geol.*, **86**, n° 4, pp. 810-830.

Second producteur d'or d'Australie, le gisement de Kidston dans le nord de l'état du Queensland, est une exploitation à ciel ouvert qui a fourni 23,7 Mt de minerai à 2,08 g/t (49,3 t d'or) ; ses réserves sont estimées à 42,6 Mt à 1,43 g/t Au et 1,85 g/t Ag (61 t d'or et 79 t d'argent) auxquelles s'ajoutent 11,7 Mt de réserves probables. La minéralisation est contenue dans un pipe bréchique subvolcanique de forme trapézoïdale affleurant sur une surface de 1,1 x 0,9 km². Les roches encaissantes sont des roches métamorphiques d'âge protérozoïque inférieur à moyen. Trois phases successives de bréchification ont été reconnues, en relation avec la mise en place d'un essaim de stocks et dykes rhyolitiques permo-carbonifères surmontant un batholite caché de même âge. La concentration à teneur économique est associée à la phase tardive de minéralisation à quartz-ankérite-sulfures (pyrite, pyrrhotite, galène, sphalérite, chalcopryrite). Les données des inclusions fluides et des isotopes stables indiquent que bréchification et minéralisation sont génétiquement liées au magmatisme acide.

Basuki A., Sumanagara D.A., Sinambela D. (1994). - The Gunung Pongkor gold-silver deposit, West Java, Indonesia. *J. Geochem. Explor.*, **50**, n° 1-3, pp. 371-391.

Ce gisement est l'une des découvertes les plus récentes et les plus importantes faites en Indonésie puisqu'il contient plus de 100 t d'or et 1000 t d'argent. Il a été trouvé, à la suite des travaux d'exploration de la société d'état Aneka Tambang (1988-1991), dans une série de volcanites andésitiques tertiaires. Il s'agit d'un faisceau de quatre filons NW-SE de type adulaire-séricite à quartz, carbonates, adulaire et argiles contenant une faible quantité de sulfures (1% environ), de la pyrite essentiellement et quelques sulfures de métaux de base ; les métaux précieux sont sous forme d'électrum et d'argentite.

Blaske A.R., Bornhorst T.J., Brady J.M., Marsh T.M., McKittrick S.A. (1991). - The Shumake volcanic-dome hosted epithermal, precious metal deposit, western Mojave Desert, California. *Econ. Geol.*, **86**, n° 8, pp. 1646-1656.

Le gisement de Shumake est le plus important d'un ensemble de 7 gisements d'or et argent à basses teneurs découverts depuis 1979 dans les volcanites miocènes de cette région du Sud de la Californie, appartenant à la province des Basin and Range. Son exploitation a débuté en 1988 ; l'or est extrait du minerai oxydé par "heap leaching". Le gisement contenait initialement plus de 5 Mt de minerai à 1,5 g/t Au et 14 g/t Ag ; la production annuelle est de 1,55 t Au et 9,1 t Ag. La minéralisation, encaissée dans des laves et des brèches rhyolitiques, est centrée autour de deux filons de quartz à pyrite, arsénopyrite, sulfosels d'argent et or, montrant une intense séricitisation des épontes ; elle s'étend dans la zone d'altération hydrothermale à quartz, séricite où l'or, en grains très fins (quelques mètres), se trouve dans des stockwerks de quartz à adulaire, en association avec les produits d'altération supergène du minerai primaire (oxydes de fer,

scorodite et kaolinite rouge). Le système paléohydrologique contrôlant la mise en place de la minéralisation est comparable à celui des gisements de type adulaire-séricite.

Candiotti de los Rios H., Noble D.C., McKee E.H. (1990). - Geologic setting and epithermal silver veins of the Arcata district, Southern Peru. *Econ. Geol.*, **85**, n° 7, pp. 1473-1490.

Situé à 180 km au NW d'Arequipa, le district d'Arcata renferme les gisements épithermaux de type adulaire-séricite les plus récents du volcanisme miocène du Sud-Pérou. Les minéralisations sont encaissées dans des laves et brèches andésitiques et dacitiques datées à 6,1 Ma recoupées par des dômes rhyolitiques de 5,9 Ma. Les datations K/Ar effectuées sur adulaire et alunite des zones hydrothermalisées ont donné un âge de 5,4 Ma et montré le faible intervalle de temps séparant l'activité volcanique et la mise en place des minéralisations. Durant la période d'exploitation moderne qui a débuté en 1964, le district, couvrant une surface de 20 km² environ, a produit 1900 t d'Ag et 4,5 t d'Au en 25 ans, à partir de minerais dont la teneur moyenne était de 545 g/t Ag et 1,3 g/t Au. Depuis 1989, on produit également des concentrés de Pb et Zn, l'exploitation ayant atteint en profondeur des zones plus riches en métaux de base. Les corps minéralisés sont disposés suivant le système de failles normales NW-SE d'un graben qui pourrait correspondre à une intrusion sous-jacente. Ils montrent une continuité latérale et verticale remarquable par rapport aux gisements du même type, atteignant jusqu'à 2 km d'allongement et 250 à 350 m d'aval-pendage, pour des puissances moyennes de 1,2 à 2,5 m. Les minerais à métaux précieux sont à grain fin et texture rubané. Ils contiennent une paragenèse à pyrargyrite, tétraédrite argentifère, acanthite et électrum, accompagnés de pyrite, sphalérite, galène et chalcoppyrite. La gangue est constituée de quartz, adulaire, rhodocrosite, silicates de Mn et chlorite. L'altération des roches encaissantes est à adulaire-séricite-chlorite-calcite et passe latéralement à des volumes propylitisés.

Carlile J.C., Mitchell A.H.G. (1994). - Magmatic arcs and associated gold and copper mineralization in Indonesia. *J. Geochem. Explor.*, **50**, n° 1-3, pp. 91-142.

Les importants efforts d'exploration consentis ces 25 dernières années en Indonésie pour rechercher en particulier des gisements de cuivre et d'or ont abouti à de nombreuses découvertes. Cet article donne une vision d'ensemble du contexte géologique et géodynamique des gisements indonésiens illustré par des cartes synthétiques (distribution des arcs andésitiques d'âge crétacé à pliocène, carte de localisation des gisements), une description rapide des minéralisations rencontrées dans les différents arcs magmatiques, ainsi qu'un aperçu des caractéristiques des différents types de gisement illustrées par des graphiques et des tableaux.

Conrad J.E., McKee E.H., Rytuba J.J. (1993). - Geochronology of the Sleeper deposit, Humboldt county, Nevada : epithermal gold-silver mineralisation following emplacement of a silicic flow-dome complex. *Econ. Geol.*, **88**, n° 2, pp. 317-327.

La mine de Sleeper, localisé au nord-est du Nevada dans la Desert Valley, est entrée en phase de pleine production en 1986. Il s'agit d'un gisement à fort tonnage et à forte teneur de type adulaire-séricite, contenant plus de 2,5 millions d'onces d'or récupérable (78 t). Le système minéralisé comporte des filons riches contenant l'essentiel du stock d'or, des brèches et un stockwerk à teneurs plus basses. Les datations par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ montrent qu'il ne s'est écoulé qu'un faible intervalle de temps entre le volcanisme (17 Ma au plus) et la minéralisation déposée en plusieurs pulsations successives sur une durée de moins de 2 Ma.

Conrad M.E., Petersen U., O'Neil J.R. (1992). - Evolution of an Au-Ag-producing hydrothermal system : the Tayoltita mine, Durango, Mexico. *Econ. Geol.*, **87**, n° 6, pp. 1451-1474.

La mine de Tayoltita fait partie du district minier de San Dimas, situé sur le revers occidental de la Sierra Madre occidentale, dans l'état de Durango. La production totale de ce district, depuis les premières exploitations du XVII^e siècle, est estimée à plus de 300 t d'or et 15 000 t d'argent. Elle a été extraite à partir de structures filoniennes subverticales de direction NNE-SSW à E-W recoupant une série volcanique andésitique à rhyolitique antérieure à la mise en place d'un batholite granodioritique à monzonitique daté à 45 Ma (Éocène) dans la région du district. La mise en place de la minéralisation suivrait de peu les derniers stades d'évolution de l'intrusion. L'étude des altérations montre deux stades successifs clairement individualisés : une propylitisation en masse due à une circulation diffuse des fluides hydrothermaux, suivie d'une seconde phase durant laquelle le trajet des fluides a été régi par la fracturation, permettant le dépôt de la minéralisation filonienne.

Davidson J., Mpodozis C. (1991). - Regional geologic setting of epithermal gold deposits, Chile. *Econ. Geol.*, **86**, n° 6, pp. 1174-1186.

Les gisements épithermaux de la cordillère andine sont connus depuis le Crétacé supérieur jusqu'à l'Holocène ; leur répartition est contrôlée par des variations nord-sud de la nature et de la répartition dans l'espace et le temps du magmatisme associé à la subduction de la plaque océanique sous le continent sud-américain. Les auteurs distinguent 3 grandes périodes correspondant à différentes provinces magmatiques et métallogéniques : Crétacé supérieur à Oligocène inférieur, Oligocène supérieur à Miocène moyen, Miocène supérieur à Holocène. La plus importante correspond à la province magmatique du centre-nord du Chili, d'âge oligocène supérieur à miocène moyen, qui contient le plus grand nombre de gisements épithermaux, associés à de larges zones d'altération argilique, parmi lesquels le gisement d'El Indio. La période la plus récente correspond à des systèmes épithermaux néogènes très peu érodés, marqués en surface par de larges zones d'altération avec dépôts de soufre natif associées à des

édifices volcaniques et des intrusions subvolcaniques, et à des champs géothermiques en activité.

Donnelly-Nolan J.M., Burns M.G., Goff F.E., Peters E.K., Thompson J.M. (1993). - The Geysers-Clear Lake area, California: thermal waters, mineralization, volcanism, and geothermal potential. *Econ. Geol.*, **88**, n° 2, pp. 301-316.

Cette région du Nord de la Californie, siège d'importantes manifestations volcaniques acides du Pliocène récent à l'Holocène (2,1 Ma à 10 000 ans), est caractérisée par un champ géothermique actif, de nombreuses sources thermales et des minéralisations épithermales à mercure et à or contrôlées par des failles du système de San Andreas. Deux types d'eaux thermales coexistent dans la région. La première, riche en chlorures, interprétée comme une eau connée évoluée, donne des sources chaudes émergeant des grès et shales marins mésozoïques faiblement métamorphiques. La seconde, moins riche en chlorures et à contenu élevé en bore, provient du complexe franciscain, ensemble fortement tectonisé et plus métamorphique ; elle est interprétée comme une eau météorique évoluée. La source de chaleur de l'anomalie thermique correspond à un système magmatique à longue durée de vie qui continue à faire fonctionner le système geysérien et à contrôler le dépôt de l'or et du mercure.

Gibson P.G., Noble D.C., Larson L.T. (1990). - Multistage evolution of the caldera epithermal Au-Ag vein system, Orcopampa district, Southern Peru : first results. *Econ. Geol.*, **85**, n° 7, pp. 1504-1519.

Le district filonien d'Orcopampa est situé à 150 km au NW d'Arequipa, dans des volcanites intermédiaires à acides d'âge miocène inférieur. Le système filonien de Calera est le gisement le plus important de ce district, avec plus de 12 000 t Ag et 12,5 t Au (tonnages exploités + réserves). Avant sa découverte en 1979, une lentille de quartz stérile d'une vingtaine de mètres de longueur était la seule expression en surface du gisement. Celui-ci est localisé le long d'une faille normale N 70° E plongeant de 50 à 70° vers le nord. La lentille minéralisée principale a une extension longitudinale de 200 à 500 m sur une hauteur de 150 à 200 m. L'altération des rhyolites et dacites encaissantes est à quartz-adulaire-séricite-pyrite ; 5 pulsations hydrothermales successives séparées par des épisodes d'ouverture et de bréchification ont pu être mis en évidence. Le premier stade correspond à la mise en place de filonnets de quartz à adulaire et à séricite ; il est suivi par un stade à Mn : rhodonite et rhodocrosite, accompagnées principalement de sphalérite ; puis se développe un stade à quartz et tétraédrite ; le stade suivant, ou "bonanza stage", correspond à la mise en place de la minéralisation principale à Au natif, miargyrite, pyrargyrite et tellurures d'Ag et Au dans une gangue de quartz ; le dernier stade est à quartz, sphalérite, galène, marcasite et stibine. Cette succession se retrouve dans tout le district, à l'exception du "bonanza stage", qui demeure jusqu'à présent une particularité du gisement de Calera.

Gröpper H., Calvo M., Crespo H., Bisso C.R., Cuadra W.A., Dunkerley P.M., Aguirre E. (1991). - The epithermal gold-silver deposit of Choquelimpie, northern Chile. *Econ. Geol.*, **86**, n° 6, pp. 1206-1221.

Choquelimpie est un gisement de type "acid sulfate" situé au nord du Chili, près de la frontière péruvienne, à une centaine de kilomètres à l'est de la ville d'Arica. La minéralisation, qui comporte des filons minces polymétalliques argentifères (6,7% Pb, 6,6% Zn, 0,9% Cu, 490 g/t Ag) et des corps bréchiques à Au-Ag, est localisée au coeur d'un stratovolcan andésitique à dacitique daté à $6,60 \pm 0,20$ Ma. Les filons, exploités pour la première fois en 1643, ont fourni de cette date à 1930 une production estimée à 200 t Ag et 1,5 t Au. Les corps bréchiques, découverts au cours des travaux d'exploration récents (1986-87) contiennent 6,7 Mt de minerai oxydé à 2,23 g/t Au (15 t) et 87 g/t Ag (583 t) ; les réserves totales sont estimées à 11 Mt de minerai. Le gisement est actuellement exploité à une cadence de 5 500 t/jour. Les corps bréchiques silicifiés et argilisés subverticaux, contrôlés par des accidents de direction N 60° E, ont une extension horizontale de plusieurs dizaines de mètres de long et un aval-pendage de 150 m. Leur mise en place polyphasée comporte 4 stades successifs ; l'or et l'argent, sous forme native, d'électrum et d'argentite, sont associés à pyrite, énargite, tennantite, stibine et sulfosels de Pb.

Guillemette N., Williams-Jones A.E. (1993). - Genesis of the Sb-W-Au deposits at Ixtahuacan, Guatemala : evidence from fluid inclusions and stable isotopes. *Mineral. Deposita*, **28**, n° 3, pp. 167-180.

Les gisements de stibine de la région de Ixtahuacan sont situés dans la cordillère centrale, à proximité de la frontière mexicaine ; ils renferment des réserves estimées à 1 Mt de minerai à 6% Sb et 0,5% WO₃, auxquelles s'ajouteraient des teneurs économiques d'or associées à des faciès riches en arsénopyrite. Les roches encaissantes sont des alternances de schistes noirs pyriteux, de grès et de calcaires argileux affectés par des plis NW-SE. Les minéralisations, reconnues sur une distance de 3 km sont localisées dans la charnière d'un anticlinal sous forme d'un système de lentilles de stibine massive subconcordantes dans les schistes noirs et de filons à gangue de quartz et ankérite, dont la mise en place serait pénécontemporaine d'une déformation se traduisant par des phénomènes de boudinage et de bréchification. L'étude minéralogique montre que le dépôt de l'arsénopyrite et de la scheelite précède celui de la stibine. Les inclusions fluides indiquent des conditions de basse température (160 à 190°C) de faible salinité et de faible profondeur (quelques centaines de mètres) ; il s'agirait de minéralisations épithermales résultant de la remontée de fluides d'origine météorique le long de fractures provoquée par une intrusion acide, dont l'existence est suggérée par la proximité des volcanites tertiaires à quaternaires associées au fonctionnement d'un grand accident cisailant.

Hedenquist J.W, Matsuhisa Y., Izawa E., White N.C., Giggenbach W.F., Aoki M. (1994). - Geology, geochemistry, and origin of high sulfidation Cu-Au mineralization in the Nansatsu district, Japan. *Econ. Geol.*, **89**, n° 1, pp. 1-30.

Le district de Nansatsu, qui comprend les gisements à Cu-Au de Kasuga, Iwato et Akeshi, est situé dans la partie méridionale de l'île de Kyushu. Les corps minéralisés de ces gisements, encaissés dans des volcanites andésitiques calco-alcalines d'âge pliocène, sont constitués à 95% de silice résiduelle résultant du lessivage des laves et des pyroclastites andésitiques par des eaux acides chloro-sulfatées ; ces corps siliceux sont entourés d'un mince halo (1 à 2 m) à alunite, dickite et/ou kaolinite ± pyrophyllite passant à une zone à illite et interstratifiés illite-smectite, puis à une zone d'altération propylitique. L'or est plus particulièrement associé à l'énargite et à la pyrite. Les analyses des isotopes stables de l'oxygène et de l'hydrogène indiquent un mélange de fluides magmatiques et d'eau météorique en proportions variables suivant les zones du système hydrothermal.

Hedenquist J.W, White N.C. et Siddeley G. (Ed.) (1990). - Epithermal gold mineralization of the Circum-Pacific : geology, geochemistry, origin and exploration. *J. Geochem. Explor.*, special issue, **35**, n° 1-3, 447 p., et **36**, n°1-3, 474 p.

Ces deux volumes consacrés aux gisements épithermaux de la zone circum-Pacifique rassemblent 26 contributions offrant un aperçu des progrès réalisés dans la compréhension de ce type de gisement et dans le domaine des techniques de prospection. Il s'agit en quelque sorte, au moment où les cours de l'or ne sont plus ce qu'ils étaient au début des années 80, d'un bilan de plusieurs années d'intense exploration ayant conduit à la découverte ou à la réouverture d'un nombre important de gisements. Le géologue d'exploration sera sensible au souci qu'ont eu les éditeurs de ces numéros spéciaux, en choisissant leurs auteurs, de rester très proches des problèmes concrets, tout en offrant une large palette thématique. On retiendra en particulier la présence de plusieurs case-histories de découvertes, parmi lesquelles celles des gisements à haute teneur de Hishikari (Japon) et d'El Indio (Chili). On notera aussi que les découvertes de gisements épithermaux ne sont pas limitées aux formations volcaniques tertiaires à récentes, avec l'exemple des gisements mis en évidence récemment dans le Paléozoïque du Nord-Est du Queensland (Australie). On retiendra enfin, comme le soulignent les éditeurs, l'importance que devraient prendre dans l'avenir les études structurales de caractère appliqué pour mieux comprendre les relations entre magmatisme et évolution tectonique.

Hollister V., Hruska D., Moore R. (1992). - A mine exposed hot spring deposit and related epithermal gold resource. *Econ. Geol.*, **87**, n° 2, pp. 421-424.

Le gisement de Hollister (Nevada) est situé vers l'extrémité nord-ouest du "Carlin trend", dans le district minier à Au-Hg d'Ivanhoe ; les roches encaissantes appartiennent

à une série volcanique bimodale (dacites et basaltes) datée à 13,6 Ma. Les travaux d'exploitation en carrière ont mis à jour un système de type "hot spring" développé sur des basaltes recouverts par des tufs dacitiques à lapilli venant sceller le dispositif. Ce dernier est constitué par une lentille ferro-manganésifère (5 m de puissance maximum) enrichie en As, Sb et Tl représentant le sédiment hydrothermal relié à un système de fractures qui se développe dans les basaltes altérés (kaolinisation) sous-jacents jusqu'à une profondeur de 30 à 50 m. La minéralisation aurifère est associée dans la partie supérieure du dispositif à un réseau de veinules remplies d'oxydes de manganèse, avec jarosite, alunite, apatite et silice, puis, vers le bas, on passe progressivement à des basaltes pyritisés.

Idziszek C., Blackwell J., Fenlon R., MacArthur G., Mallo D. (1990). - The Eskay Creek discovery. *Min. Mag.*, **162**, n° 3, p. 172-173.

Dans le camp minier d'Iskut (960 km au NW de Vancouver), connu jusqu'à présent pour ses filons à Au-Ag, Prime Exploration Ltd a mis en évidence un type de gisement nouveau pour le district : des minéralisations riches en Zn, Pb, Cu, Ag, Au se présentant en amas massifs et stockwerks. Les indices d'Eskay Creek sont connus depuis 1932 et ont fait l'objet de travaux de recherches effectués successivement par 11 compagnies minières depuis cette date. Ils se localisent dans un niveau sédimentaire faisant la transition entre rhyodacites, au mur, et des andésites à pillow lava, au toit (groupe d'Hazelton du Jurassique moyen). Dans ce niveau, il existe, sur 3 km d'extension environ, plusieurs corps minéralisés de type amas ou stockwerk plus ou moins associés ; l'un d'entre eux, curieux, présente une minéralisation disséminée à semi-massive à stibine et réalgar. Les intersections de la minéralisation en sondages indiquent des puissances plurimétriques à pluridécamétriques avec des teneurs souvent élevées en métaux de base (plus de 20% Zn, Pb, Cu) et/ou métaux précieux : la teneur en Au est de plusieurs dizaines de gramme par tonne et dépasse parfois 200 g/t ; celle de l'argent est de plusieurs centaines de grammes par tonne et peut aller parfois jusqu'à plus de 6000 g/t.

Ilchik R.P. (1990). - Geology and geochemistry of the Vantage gold deposit, Alligator Ridge-Bald Mountain mining district, Nevada. *Econ. Geol.*, **85**, n° 1, pp. 50-75.

Le gisement de Vantage est le plus important d'une série de 18 gisements et indices à or disséminé de type Carlin, répartis sur une distance de 18 km. La plupart de ces concentrations, localisées dans une série de roches carbonatées et détritiques d'âge paléozoïque, ne montrent pas de relations spatiales avec les intrusions volcaniques tertiaires. Le gisement de Vantage, reconnu entre 1976 et 1979, contient 5,8 Mt de minerai à 4 g/t, réparties entre trois corps minéralisés. La minéralisation à Au-Ag-Sb-As est localisée à proximité d'une faille majeure, dans la zone de contact entre des calcaires dévoniens et des shales dévono-carbonifères silicifiés. La faille a servi de drain pour les solutions hydrothermales qui se sont répandues latéralement le long du contact entre les deux unités lithologiques pour donner le gisement.

Karpov G.A. (1991). - Complex mercury-antimony-arsenic mineralization of the Uzon-Waiotapu type in modern hydrothermal systems. *Int. Geol. Review*, **33**, pp. 599-611.

Le long de la ceinture volcanique péri-Pacifique, parmi les milliers de systèmes hydrothermaux en activité, il n'existe que six exemples où l'on observe le dépôt de minéralisations significatives, analogues aux gîtes épithermaux de l'association As-Sb-Hg. Les plus importants, par la quantité de métaux déposés sont les gîtes actuels de Waiotapu, dans le district de Taupo en Nouvelle-Zélande, et d'Uzon, dans le Kamtchatka, localisés dans des caldeiras. Dans le cas de ce dernier gisement, on estime à 7000 t As, 350 t Sb, 200 t Hg et 200 t V la quantité de métaux actuellement en place dans le secteur central du champ géothermique de la caldeira d'Uzon ; de plus, sur la période d'activité du système hydrothermal, évaluée à environ 10 000 ans, on peut estimer que 17 000 t As, 2 700 t Sb, 240 t Hg, 24 à 100 t Au et 10 à 16 t Ag ont été dispersées par écoulement des solutions et remobilisations au-delà de la zone du gisement. D'une description dense, dans laquelle sont précisées notamment la nature des différents faciès minéralisés et leurs zonalités ainsi que les conditions physico-chimiques de mise en place de la minéralisation, on retiendra en particulier que les corps minéralisés stratiformes correspondent à des horizons siliceux (opale) et à des lentilles de roches à haute perméabilité fissurale, telles que des tufs ponceux, recouvertes par un écran d'argilites. Le type Uzon-Waiotapu est une minéralisation épithermale formée dans la zone de décharge d'un système hydrothermal durant le stade tardif de fonctionnement de la chambre magmatique d'une caldeira.

Kavalieris I. (1994). - High Au, Ag, Mo, Pb, V and W content of fumarolic deposits at Merapi volcano, central Java, Indonesia. *J. Geochem. Explor.*, **50**, n° 1-3, pp. 479-491.

Les incrustations fumerolliennes de haute température (800°C) déposées fin 1991 avant l'éruption du 21 janvier 1992 contiennent des quantités très élevées de certains métaux : plus de 3% Mo, 1,84% Pb, 0,44% W, 100 g/t Au et 60 g/t Ag. Ces dépôts inusuels semblent correspondre à un phénomène de dégazage d'une chambre magmatique située à 2 ou 3 km de profondeur. Outre une démonstration du rôle des gaz magmatiques dans le transport des métaux, ces observations suggèrent que les condensats pourraient avoir contribué au dépôt d'or et d'autres métaux dans les systèmes épithermaux. Outre leurs implications génétiques, ces observations indiquent qu'en paysage volcanique l'activité fumerollienne peut engendrer des anomalies géochimiques qui n'ont aucun rapport avec des altérations hydrothermales et les minéralisations qui leur sont associées.

Kennedy T. (1991). - Porgera enjoys record gold outputs using specialised technologies. *Austral. Min.*, **83**, n° 12, pp. 12-20.

Le gisement épithermal de Porgera, en Papouasie - Nouvelle-Guinée, représente 6,6 Mt de minerai à 24,5 g/t Au. Le corps minéralisé, de 400 m de long sur 50 à 100 m de large, est localisé dans des sédiments métamorphisés de la Formation Chim d'âge crétacé et dans un complexe dioritique intrusif d'âge miocène. L'encaissant sédimentaire est constitué par des pélites et des grès fins argileux légèrement dolomitiques. La

minéralisation est associée à d'importantes zones bréchiques. Quatre paragenèses à minéraux précieux ont été identifiées. Les teneurs élevées sont liées à une gangue de roscoelite (mica ferromagnésien). Depuis son démarrage en 1990, la mine a produit 30 t d'or. Le nouveau procédé de traitement par oxydation sous pression va permettre la récupération de 30% d'or réfractaire contenu dans la pyrite. L'exploitation, actuellement souterraine, passera en carrière en septembre 1992. Ceci devrait porter la capacité de production à 4500 t/jour.

Kirsten Peters E. (1991). - Gold-bearing hot spring systems of the northern Coast Ranges, California. *Econ. Geol.*, **86**, n° 7, pp. 1519-1528.

Dans la partie nord des Coast Ranges de Californie, les districts à Au-Hg de Knoxville et de Sulphur Creek comportent une quinzaine de gisements épithermaux de type "hot spring", renfermant des quantités notables d'hydrocarbures dans leurs minerais. Parmi ces gisements, celui de McLaughlin (district de Knoxville), contient des réserves estimées à 3 M onces Au (93,3 t), dans un minerai siliceux à une teneur moyenne de 5,3 g/t. Les eaux des sources thermales du district de Sulphur Creek, modérément salées, contenant des hydrocarbures et enrichies en ^{18}O , ont une composition identique à celle des inclusions fluides du gisement de McLaughlin et contiennent 1 ppb Au sous forme de bisulfure. A l'émergence, les précipités contiennent en moyenne 3,3 g/t Au, ainsi que de l'argent et du mercure, accompagnés de pyrite, quartz et soufre natif. Les résultats des études géochimiques indiquent que les fluides minéralisateurs proviennent d'une source sédimentaire ou métasédimentaire.

Kontis E., Kelepertsis A.E., Skounakis S. (1994). - Geochemistry and alteration facies associated with epithermal precious metal mineralization in an active geothermal system, northern Lesbos, Greece. *Mineral. Deposita*, **29**, n° 5, pp. 430-433.

Cet article donne une description préliminaire d'un gisement d'or épithermal, situé dans le Nord de l'île de Lesbos, dans la zone des sources thermales de Megala Therma. Le gisement, encaissé dans des andésites miocènes, correspond à un ensemble de filons (certains dépassent 10 m de puissance), brèches et stockwerks ; l'altération associée à la zone minéralisée est caractérisée par des assemblages potassiques et propylitiques auxquels se superpose une altération de type argilique ; une silicification se développe sur plusieurs mètres au contact des filons. La paragenèse de la minéralisation comporte pyrite, galène, sphalérite et sulfures de cuivre dans une gangue de quartz, adulaire, minéraux argileux, alunite et jarosite ; l'or, en grains d'une taille de 25 à 30 μm de diamètre, est d'une grande pureté.

Kuehn C.A., Rose A.W. (1992). - Geology and geochemistry of wall-rock alteration at the Carlin gold deposit, Nevada. *Econ. Geol.*, **87**, n°7, pp. 1697-1721.

De nombreuses publications ont déjà été consacrées à ce gisement, découvert en 1962 dans une formation carbonatée et silteuse d'âge silurien, qui a produit plus de 125 t d'or. Cette étude montre que la circulation des fluides minéralisateurs était contrôlée par la

perméabilité de certains horizons bioclastiques, les fractures et des brèches d'effondrement-dissolution. L'altération hydrothermale des roches carbonatées hôtes de la minéralisation, constituées de calcite et dolomite, quartz, feldspaths potassiques, illite, montre successivement de la périphérie au coeur du dispositif : une zone décalcifiée, une zone décarbonatée dans laquelle la dolomite est lessivée à son tour, une zone silicifiée et argileuse dans laquelle apparaissent dickite et kaolinite, enfin une zone silicifiée où se développe le faciès jaspéroïde. Les parties les plus riches en or se localisent surtout dans la zone décalcifiée et la zone décarbonatée. La dissolution des carbonates et le développement de dickite dans les zones d'altération intense traduisent des solutions acides ($\text{pH} < 4,5$) très riches en CO_2 , comme le montre la composition des inclusions fluides. La dissolution des carbonates et la silicification sont deux phénomènes distincts, même s'ils sont spatialement associés ; le second pourrait être expliqué par un mélange du fluide minéralisateur riche en CO_2 avec un fluide plus froid d'origine superficielle.

McKee E.W., Dreier J.E., Noble D.C. (1992). - Early Miocene hydrothermal activity at Pachuca-Real del Monte, Mexico : an example of space-time association of volcanism and epithermal Ag-Au vein mineralization. *Econ. Geol.*, **87**, n° 6, pp. 1635-1637.

Le district de Pachuca-Real del Monte, situé à 90 km au nord-est de Mexico, est l'un des districts épithermaux les plus productifs du monde, puisque l'on y a extrait depuis le milieu du XIV^e siècle (époque de sa découverte) environ 45 000 t d'argent et 220 t d'or. Les filons sont contrôlés par un système de failles normales E-W et N-S découpant une pile volcanique évoluant des basaltes andésitiques aux rhyolites, dont l'âge s'étale de 23,7 à 21,6 Ma. L'analyse par la méthode K-Ar d'un concentré d'adulaires d'une andésite fortement hydrothermalisée donne un âge de $20,3 \pm 0,5$ Ma. Ce décalage, de l'ordre de 1 à 1,5 Ma, entre le volcanisme et l'événement minéralisateur pourrait refléter la présence de stocks intrusifs enfouis légèrement plus jeunes que les plus récentes des volcanites affleurant dans le district. Ce type de système hydrothermal est sensiblement différent de celui des districts de type "acid sulfate" ou adulaire-séricite pauvre en métaux de base, dans lesquels la mise en place des minéralisations suit de très près l'activité volcanique (0,1 à 0,2 Ma et parfois moins ; cas de Goldfield, Nevada, par exemple) ; il est comparable à celui de districts tels que Comstock (Nevada), Creede (Colorado) ou Orcopampa (Pérou) où l'on observe une différence d'âge de 0,5 à plus de 2 Ma entre le volcanisme et l'activité hydrothermale.

Milési J.P., Marcoux E., Nehlig P., Sunarya Y., Sukandar A., Felenc J. (1994). - Cirotan, West Java, Indonesia: a 1.7 Ma hybrid epithermal Au-Ag-Sn deposit. *Econ. Geol.*, **89**, n° 2, pp. 227-245.

Le gisement de Cirotan est un gisement épithermal de type adulaire-séricite localisé dans le domaine volcanique tertiaire à quaternaire du "Bayah dome" à l'extrémité occidentale de Java. Dans la zone du gisement affleurent des volcanites rhyodacitiques et andésitiques miocènes recoupées par une intrusion microdioritique pliocène datée à 4,5 Ma. La minéralisation est contrôlée par une faille de décrochement dextre N10°W

qui a joué en faille normale en fin d'évolution. Cette structure minéralisée, reconnue sur une longueur de 800 m, peut atteindre une puissance de 25 à 30 m. Les corps minéralisés présentent une zonalité verticale, avec un enrichissement en Pb-Zn et une augmentation du rapport Ag/Au avec la profondeur. L'étude détaillée des faciès montre que le remplissage comporte 5 stades successifs : 1) silicification ; 2) bréchification ; 3) dépôt de cocardes de minerai polymétallique et de rhodocrosite-rhodonite ; 4) bréchification suivie du dépôt du minerai riche en métaux précieux ("bonanza") ; 5) dépôt de quartz géodique. Cette évolution est accompagnée d'un accroissement des teneurs en Au ainsi qu'en Bi, W, Sn, se traduisant par l'abondance des dépôts tardifs d'or, ferberite et cassitérite. Cette particularité fait de Cirotan un gisement hybride puisqu'il possède les caractéristiques des gisements épithermaux de type adulaire-séricite tout en ayant une paragenèse évoquant les gisements de type porphyre à étain de la ceinture stannifère Sumatra-Java.

Munoz F.G. (1994). - La Ciénega : a new gold mine in Mexico. *Min. Engin.*, **46**, n° 4, pp. 303-305.

La minéralisation du district est liée à un système de filons épithermaux subparallèles, de 2 à 10 m de puissance, orientés N70°W avec un pendage subvertical, et constitués par du quartz, de la barytine et de la calcite. La Ciénega est le principal filon reconnu : il s'étend sur 3,5 km avec un aval-pendage de 400 m. Les ressources potentielles sont estimées à 5,2 Mt à 6 g/t Au, 170 g/t Ag, 1% Pb et 1,3% Zn. Le projet, d'une durée de vie de 13 ans, prévoit une production totale de 29 t d'or, 715 t d'argent, 46 000 t de plomb et 47 000 t de zinc.

Muntean J.L., Kesler S., Russel N., Polanco J. (1991). - Evolution of the Monte Negro acid sulfate Au-Ag deposit, Pueblo Viejo, Dominican Republic : important factors in grade development. *Econ. Geol.*, **85**, n° 8, pp. 1738-1758.

Le district de Pueblo Viejo est localisé dans les formations volcaniques et volcanoclastiques andésitiques de la formation Los Ranchos, d'âge crétacé inférieur, à l'est de la cordillère centrale d'Hispaniola. L'intérêt de ce district, qui contient plus de 600 t d'or, est de renfermer des minéralisations de type "acid sulfate" à teneur relativement élevée, susceptibles de donner lieu à des exploitations de grande taille. Plusieurs gisements ont été identifiés dans, ou sur les marges d'un diatrème (maar), formé durant la dernière phase d'activité volcanique, constitué de spilites, de tufs à lapillis et de sédiments charbonneux. Le gisement de Monte Negro est l'un des plus importants, avec des réserves de 14 Mt de minerai oxydé à 3,35 g/t Au et 7,6 g/t Ag, et 37 Mt de minerai sulfuré à 3,95 g/t Au et 22,4 g/t Ag. Cet article décrit les processus qui ont abouti à une telle concentration dans ce gisement. Après une altération régionale des roches au contact de l'eau de mer, deux stades d'altération hydrothermale se sont succédé. Le premier correspond au développement d'une zone à alunite-quartz-pyrite-rutile, surmontée par une zone à kaolinite-quartz-pyrite-rutile plus étendue ; de l'or disséminé est associé à la pyrite. Le second est caractérisé par le développement d'une zone à pyrophyllite-diaspore surmontée par une cape siliceuse ; des filons à pyrite,

sphalérite, énargite et fortes teneurs en or (jusqu'à 100 g/t) sont associés à ce second stade d'altération. Ce second stade est responsable de l'élévation de la teneur moyenne du gisement avec la remobilisation de l'or de première génération et la mise en place de filons riches par fracturation hydraulique de la cape siliceuse imperméable qui coiffe le dispositif.

Navarro A., Viladevall M., Font X., Rodriguez P. (1994). - Las mineralizaciones auríferas de Sierra Almagrera (Almeria). Estudio geoquímico y modelos de yacimientos. *Bol. Geol. Min.*, **105**, n° 1, pp. 85-101.

Les gisements à sulfures de Pb, Zn, Ag, Fe et Sb de Herrerias et de la Sierra Almagrera, situés au nord-est d'Almeria, ont été exploités depuis l'âge de bronze. Le cadre géologique correspond à un ensemble métamorphique recoupé par un volcanisme néogène post-orogénique. Les gisements à Pb-Zn de la Sierra Almagrera sont des filons localisés dans le socle métamorphique, tandis que ceux du district de Herrerias correspondent à des minéralisations stratiformes à Fe, Ba, Ag dans un complexe volcano-sédimentaire néogène. Des filons aurifères à quartz-barytine-sidérose avec des teneurs en or de l'ordre de 6 g/t ont été mis en évidence à proximité de ces minéralisations à sulfures. L'interprétation des données géochimiques et hydrogéochimiques confirme la relation de toutes ces minéralisations avec le volcanisme shoshonitique néogène et permet de faire apparaître une zonalité régionale : une zone centrale, où les minéralisations associées aux roches volcaniques sont à éléments natifs et à hématite-barytine-célestite, une zone intermédiaire avec des minéralisations stratiformes à sulfures complexes (Fe, Cu, Pb, Zn) et une zone externe correspondant à un champ filonien comportant des minéralisations à galène-sidérose-barytine-sulfosels, à sidérose-barytine et à or-arsenic.

Prior G.J., Whitehead R.E., Davies J.F. (1993). - Alteration of tertiary volcanic rocks at the Porland gold-silver deposit, Arizona. *Explor. Mining Geol.*, **2**, n° 4, pp. 333-344.

Le gisement à Au-Ag de Portland se présente sous la forme d'un filon à quartz-carbonates d'une trentaine de mètres de puissance, orienté WNW-ESE avec un pendage de 35° E. Il présente les caractéristiques des gîtes épithermaux du Sud-Ouest des États-Unis : âge tertiaire, environnement volcanique, contrôle structural, remplissages rubanés et faible rapport Au/Ag. Le volcanisme d'âge miocène moyen est représenté par des laves, des roches pyroclastiques et des dykes de composition basaltique à rhyolitique avec des affinités calco-alcalines. Le filon est encaissé dans des roches volcaniques fortement bréchifiées. Le contact avec les andésites du toit est contrôlé par une faille. L'altération se traduit par un appauvrissement en Na₂O et CaO, accompagné au mur par un enrichissement en K₂O et SiO₂. Les réserves étaient estimées avant le début de l'exploitation (1983) à 715 000 t de minerai avec des teneurs de 2 g/t Au et 20 /t Ag.

Robbins E.I., Agostino J.P. (d'), Haas J.L., Larson R.R., Dulong F.T. (1990). - Palynological assesment of organic tissues and metallic minerals in the Jerritt Canyon gold deposit, Nevada (USA). *Ore Geol. Reviews*, **5**, pp. 399-422.

Le gisement de Jerritt Canyon est, avec Carlin, l'un des gisements à or "invisible" localisé le long du chevauchement des Roberts Mountains. Rattaché au type Carlin, il en diffère par le fait que la majeure partie de la minéralisation aurifère n'est pas associée à une altération siliceuse, mais à un faciès noir "charbonneux" des calcaires paléozoïques encaissants dessinant des amas en forme de gouttes géantes. L'étude comparative des constituants organiques dans les roches minéralisées ou non montre la coexistence de particules carbonées à structure aromatique et faible cristallinité (protographite) et de tissus organiques non carbonisés. La présence de ces derniers tendrait à montrer que la température devait être plus basse que celle indiquée par les données géochimiques et les inclusions fluides. Il existe une corrélation entre la teneur en or et l'abondance de ces particules de protographite ; ce dernier pourrait être le porteur principal de l'or sa formation pourrait résulter davantage d'une réaction chimique avec les roches réservoirs carbonatées au cours d'un épisode de génération de pétrole que d'un effet thermique.

Rytuba J.J., Arribas A. Jr., Cunningham C.G., McKee E.H., Podwysocki M.H., Smith J.G., Kelly W.C., Arribas A. (1990). - Mineralized and unmineralized calderas in Spain; part II, evolution of the Rodalquilar caldera complex and associated gold-alunite deposits. *Mineral. Deposita*, **25**, suppl. issue, pp. S 29-S 35.

Le complexe, constitué de deux caldeiras emboîtées, est situé dans le champ volcanique miocène de Cabo de Gata au sud-ouest de l'Espagne. Après une description des différents épisodes volcaniques de chimisme acide à intermédiaire qui se sont succédé, les auteurs décrivent le système d'altération hydrothermale et les minéralisations associées. Ces dernières apparaissent dans une zone d'altération argilique recoupant le complexe volcanique dans le sens est-ouest. Il s'agit de remplissages filoniens suivant un système de fracturation nord-sud, comportant plusieurs types : à alunite, or-alunite, Pb-Zn-Ag-Au. Les filons à or-alunite sont les plus importants du point de vue économique : on en a extrait 5 t d'or entre 1943 et 1966 et les réserves de la mine Transaccion sont estimées à 650 000 t de minerai à 2,5 g/t. Le développement du système hydrothermal serait lié à la mise en place tardive d'un magma andésitique à hornblende, postérieurement à la formation du système de caldeiras. Cet événement tardif n'existe pas dans la caldeira voisine de Los Frailes, ce qui permet d'expliquer l'absence de minéralisation dans cette dernière (cf. Cunningham et *al.*, même volume, pp. S 21-S 28).

Spickelmier K. (1993). - Round Mountain halves its cutoff grade. *Min. Eng.*, **45**, n°1, pp. 41-45.

Avec des réserves de 263 Mt à 0,9 g/t distribuées dans une zone hydrothermalisée de 10 km², le gisement aurifère de Round Mountain, dans le centre du Nevada, est sans

aucun doute un cas intéressant. En effet, la grande hétérogénéité des teneurs a conduit l'exploitant à reconsidérer les réserves et à diminuer la teneur de coupure de 0,4 à 0,2 g/t. A noter qu'une méthode originale d'analyse est à l'étude pour remplacer une partie du plomb par du bismuth. Le gisement est associé à une caldera, conséquence d'un épisode volcanique d'âge tertiaire ayant affecté des métasédiments d'âge paléozoïque. La minéralisation se présente différemment selon le faciès porteur : dans les faciès de tufs compacts, celle-ci est contrôlée par la fracturation et l'or se trouve dans des veines à quartz-pyrite et dans des stockwerks ; dans les faciès de tufs poreux, la minéralisation est oxydée et l'or est soit disséminé, soit dans des veines pyriteuses. Un troisième faciès correspond à des tufs lithiques plus anciens où la minéralisation se trouve dans des veines à quartz-carbonates. Pour les neuf premiers mois de 1992, la production a été d'environ 7,3 t d'or avec un coût opératoire d'environ 8 \$/g (230 \$/once).

Suttill K.R. (1993). - The riches of Porgera. *Engin. Min. J.*, **194**, n° 11, pp. 24-31.

Ouverte en septembre 1990, la mine d'or de Porgera est sans doute la plus riche de tous les temps. En 1992, la production a été de 46 t (1,485 M onces) provenant du traitement de 1,067 Mt de minerai à 36 g/t. Les bénéfices ont été de l'ordre de 1 M\$/jour. La teneur d'exploitation, qui était de 64 g/t en 1991, devrait être ramenée à 20 g/t en 1993. Devant le succès de l'entreprise, le gouvernement de la Papouasie - Nouvelle-Guinée a accentué sa pression pour faire passer son intérêt à 25 %. La zone 7 découverte en 1984 est axée sur la faille de Roamane de direction est-ouest, ce qui la distingue des veines précédemment exploitées qui sont allongées nord-sud. Il s'agit d'un corps épithermal localisé dans des métasédiments et associé à un stock et à des dykes dioritiques. Quatre sortes de minéralisation y sont exploitées en carrière : la première, à basse teneur, est à galène-blende-pyrite, la seconde à pyrite, la troisième à arsénopyrite et la dernière, à électrum et forte teneur en or natif, est située dans des brèches. Cette dernière minéralisation fait l'objet de l'exploitation souterraine. La zone faillée s'étend sur 4 km de long, dont 1 km est minéralisé, et 12 m de puissance. Le minerai est traité par flottation, oxydation, et C.I.P. ("carbon-in-pulp"). A la mi-92, les ressources totales étaient estimées à 118 Mt à 4,7 g/t avec une coupure de 1,5 g/t. Les réserves en carrière sont de 45,6 Mt à 5 g/t et en souterrain de 5,04 Mt à 15,2 g/t. Les perspectives d'extension sont importantes.

Thompson T.B. (1992). - Mineral deposits of the Cripple Creek district, Colorado. *Min. Eng.*, **44**, n° 2, pp. 135-138.

Les gisements filoniens associés au diatrème de Cripple Creek, connus par leurs minerais à Te-Au, ont produit plus de 650 t d'or entre 1891 et 1959. On connaît moins par contre les minéralisations associées aux brèches tectonique ou hydrothermale, ou aux couches de matériaux fluviaux, lacustres et volcanoclastiques. Le complexe alcalin de Cripple Creek est situé à la jonction de quatre unités précambriennes. Il est constitué de trois diatrèmes coalescents où sont présentes des phonolites, des trachytes et des syénites, traversée par des dykes lamprophyriques. Les filons, disposés radialement,

comportent cinq étapes paragenétiques : (1) quartz-fluorite-adulaire-pyrite ; (2) métaux de base-quartz-pyrite ; (3) quartz-fluorite-pyrite-hématite-rutile ; (4) quartz-pyrite-rutile-calavérite-acanthite ; (5) quartz-fluorite-dolomite. Les brèches tectoniques à Te-Au-Ag ont produit 27,5 Mt à 18,8 g/t. Trois stades y ont été définis : (1) à adulaire-quartz-pyrite ; (2) à célestite-dolomite-quartz-sulfures-fluorite ; (3) quartz-tellurures-or. Des oxydes de fer et de manganèse, des carbonates et des sulfates composent le minerai des brèches hydrothermales où l'or est libre. La teneur en or est ici plus faible. Les roches sédimentaires (conglomérats, calcaires) et les arénites volcanoclastiques n'ont guère été exploitées mais pourraient contenir un certain potentiel.

Turner S.J., Flindell P.A., Hendri D., Hardjana I., Lauricella P.F., Lindsay R.P., Marpaung B., White G.P. (1994). - Sediment-hosted gold mineralization in the Ratatotok district, north Sulawesi, Indonesia. *J. Geochem. Explor.*, **50**, n° 1-3, pp. 317-336.

Le district de Ratatotok, situé à l'extrémité nord-est de l'île de Sulawesi, fait l'objet de travaux d'exploration par la société Newmont depuis 1986 ; ces travaux ont abouti à la découverte d'une ressource de plus de 60 t d'or sur une surface de 8 x 5 km réparties dans quatre gisements, dont le plus important est Mesel. Les minéralisations sont encaissées dans des calcaires miocènes recouverts par un sill andésitique ayant joué le rôle d'une couverture imperméable pour les solutions hydrothermales ; elles sont de deux types : des remplacements (décarbonatation suivie de dolomitisation et silicification) dans lesquelles l'or microscopique est associé à la pyrite arsénisée ; des concentrations associées à des brèches paléokarstiques et à des silicifications développées près du contact avec les andésites. Les premières peuvent être rattachées au type Carlin ; leur découverte démontre que ce type de gisement n'est pas exclusif d'un contexte continental mais qu'il peut également exister en contexte d'arc insulaire.

Walker S. (1992). - Lepanto's future lies southeast. *Engin. Min. J.*, **193**, n° 9, pp. 38-43.

Le gisement de Lepanto, situé à 250 km au nord de Manille, dans l'île de Luzon, est exploité par Lepanto Consolidated Mining Co. Ce gisement a produit entre 1948, date de réouverture de l'exploitation, et 1990, 645 500 t de cuivre et 83 t d'or. Rappelons qu'il s'agit d'un gisement épithermal d'âge pliocène tardif à sulfures abondants (énargite, luzonite) associés à une altération argilique avancée. Les corps minéralisés sont situés sous des roches volcaniques silicifiées. En profondeur, les filons épithermaux de quartz aurifère, datés du début du Pléistocène, deviennent plus abondants. L'exploitation est faite entre les niveaux 1200 (avec un recouvrement de 100 m) et 700. Les teneurs sont actuellement de 1 à 1,8% Cu et 2,5 g/t Au. Au sud-est du gisement actuel, ont été découvertes dans les années 80 des réserves estimées à 356 Mt de minerai (soit, avec une teneur de coupure de 2% , 75 Mt à 0,9% Cu et 2,19 g/t Au). La minéralisation est associée à une intrusion porphyrique d'âge miocène tardif, le "Far Southeast orebody", dont le sommet se trouve au niveau 900 (sous 500 m de recouvrement). La section du corps minéralisé s'élargit rapidement en profondeur et atteint 1000 x 500 m au niveau 100.

Willis G.F., Tosdal R.M. (1992). - Formation of gold veins and breccias during dextral strike-slip faulting in the Mesquite mining district, southeastern California. *Econ. Geol.*, **87**, n° 8, pp. 2002-2022.

Le district de Mesquite, situé à 60 km au sud-est du lac de Salton Sea, contient 47,8 Mt de minerai à 1,47 g/t Au exploité depuis 1985 dans plusieurs carrières. Il comporte deux corps minéralisés subparallèles encaissés dans des gneiss jurassiques recoupés par des intrusions granitiques d'âge crétacé supérieur. La minéralisation épithermale correspond à des filons de quartz à adulaire, séricite, pyrite, et à des corps bréchiques, d'une part et, d'autre part à des filons à ankérite, dolomite, pyrite. La datation à 32 Ma de la séricite par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, indiquerait une mise en place du gisement à l'Oligocène, âge des volcanites connues à proximité des gisements. L'étude structurale du district montre que la mise en place de la minéralisation est contrôlée par le jeu de failles de décrochement dextres oligocènes.

Yun S.T., So C.S., Choi S.H., Shelton K. L., Koo J.H. (1993). - Genetic environment of germanium-bearing gold-silver ores from the Wolyu mine, Republic of Korea. *Mineral. Deposita*, **28**, n° 2, pp. 107-121.

Le gisement épithermal de Wolyu est situé à 250 km environ au sud-est de Séoul, dans le petit bassin crétacé de Youngdong, de type pull-apart. Les roches encaissantes sont des tufs et des porphyres quartzifères datés à $81,5 \pm 1,8$ Ma, alors que l'âge de la minéralisation est de $78,9 \pm 1,2$ Ma. Exploité depuis 1932, sa production durant la période 1960-1968 a été de 180 kg d'or et 1811 kg d'argent. En 1984, la teneur moyenne du minerai était de 7 g/t Au et 600 g/t Ag. Les réserves sont estimées à 500 000 t de minerai. L'intérêt de ce petit gisement, dont la puissance des filons n'est que de quelques dizaines de centimètres, réside surtout dans ses teneurs en germanium qui peuvent dépasser 145 g/t (moyenne 32 g). Cet élément est contenu dans l'argyrodite (Ag_8GeS_6).

GISEMENTS D'ALTERATION SUPERGENE

Guiollard P.-Ch. (1993). - Les mines d'or et d'argent de Rouez, Rouez en Champagne (Sarthe). Éditions Pierre-Christian Guiollard, 64410 Fichous, 126 p.

Cet ouvrage qui s'adresse à la fois aux amateurs éclairés et aux spécialistes débute par un chapitre introductif donnant un aperçu de la distribution de l'or dans le Massif armoricain et un bref historique de l'exploitation de ce métal dans cette région. Il est ensuite consacré au gisement de Rouez qui comporte deux parties : un amas sulfuré pauvre en métaux de base et faibles teneurs en or et argent, encaissé dans une formation volcano-sédimentaire briovérienne, et sa partie altérée, autrefois exploitée pour le fer, enrichie en or et argent. Le gisement superficiel, exploité par la SOMINOR (50% Elf Aquitaine Production, 50% Cheni, filiale du BRGM) a produit 180 000 t de minerai à 13,9 g/t. L'ouvrage, qui offre un panorama complet de ce gisement, depuis l'historique de la découverte de l'amas sulfuré, objectif initial des travaux d'exploration, jusqu'aux méthodes de traitement du minerai oxydé et à l'affinage des métaux, présente en particulier l'intérêt de donner pour la première fois dans un ouvrage "grand public" une description détaillée du gisement supergène. Une importante lacune est comblée, puisque cette partie du gisement n'avait pas été traitée dans le numéro spécial de la Chronique (1981, n°458) consacré à la découverte et à la description de l'amas sulfuré.

Kosakevitch A., Garcia Palomero F., Leca X., Leistel J.M., Lenôtre N., Sobol F. (1992). - Contrôles climatique et géomorphologique de la concentration de l'or dans les chapeaux de fer de Rio Tinto (Province de Huelva, Espagne). *C. R. Acad. Sci., Paris*, **316**, Sér. II, pp. 85-90.

Situés à l'extrémité orientale de la Ceinture pyriteuse sud-ibérique, les amas sulfurés de Rio Tinto ont donné lieu, par altération supergène, à des chapeaux de fer aurifères. Les teneurs en or varient de 1,8 à 2,5 g/t, alors que dans le protore sulfuré elles ne sont que de 0,3 à 0,5 g/t. Les chapeaux de fer se sont formés à la suite d'un abaissement de la nappe phréatique au cours d'une phase d'érosion d'âge miocène supérieur. Les conditions climatiques et géomorphologiques ont permis le lessivage partiel du fer, son transport et sa précipitation sous forme de dépôts limonitiques dans des bassins fluviaux. Ces phénomènes ont favorisé une concentration d'or résiduel dans les chapeaux de fer.

Lawrance L.M., Griffin B.J. (1994). - Crystal features of supergene gold at Hannan South, Western Australia. *Mineral. Deposita*, **29**, n° 5, pp. 391-398.

Le gisement de Hannan South est situé dans le bloc archéen de Yilgarn, à 15 km au SSE de Kalgoorlie. La minéralisation supergène, qui correspond à 0,2 Mt à 5,4 g/t, est située sous quelques mètres de sédiments déposés par un système lacustre éphémère ; elle est encaissée par des metabasites profondément altérées. Le profil latéritique, érodé jusqu'à la partie supérieure de la saprolite, est partiellement envahi par des eaux sursaturées. Les fluctuations du front d'oxydo-réduction contrôlent la distribution de l'or et les variations de la morphologie des grains. Les cristaux d'or secondaire initiaux, de forme octaédrique

(50 µm à 3 mm pour des cristaux aplatis), ont subi postérieurement à leur dépôt, à la suite de variations des conditions physico-chimiques au-dessus du front d'oxydo-réduction, des phénomènes de dissolution suivie de reprécipitation pour donner les formes dendritiques plus répandues dans les gisements supergènes.

Santosh M., Philip R., Jacob M.K., Omana P.K. (1992). - Highly pure placer gold formation in the Nilambur valley, Wynad gold field, south India. *Mineral. Deposita*, **27**, n° 4, pp. 336-339.

Les grains d'or des placers alluvionnaires de la vallée de Nilambur montrent un degré de pureté très élevé (985-1000). Cette région fait partie du district aurifère de Wynad situé dans le Sud de l'Inde, où les minéralisations aurifères primaires sont des filons de quartz recoupant une série d'amphibolites et de granito-gneiss d'âge archéen. L'étude morphoscopique et chimique des particules d'or met en évidence des phénomènes de reconcentration et d'affinement dans le profil latéritique accompagnés par un accroissement de la taille des grains. Cet affinement se poursuit durant le transport dans les alluvions et aboutit à la formation d'un or de très haute pureté.

Zang W., Fyfe W.S. (1993). - A three stage model for the Igarapé Bahia lateritic gold deposit. *Econ. Geol.*, **88**, n° 7, pp. 1768-1779.

Le gisement latéritique d'Igarapé est localisé dans la Serra dos Carajás, dans la partie orientale du Bouclier amazonien. Les roches mères, qui appartiennent au Groupe de Rio Fresco d'âge archéen supérieur (série volcano-sédimentaire à intercalations de quartzites ferrugineux), sont des faciès hydrothermalisés à chlorite, séricite, carbonates et silice. Les teneurs les plus élevées se situent dans l'horizon cuirassé de la partie supérieure du profil, où l'or natif et l'électrum sont intimement associés à la goethite. La répartition de l'or dans le profil et la morphologie des grains suggèrent que l'or a été remobilisé et a reprécipité durant les phénomènes de latéritisation. Un modèle d'évolution en trois stades successifs est proposé.

DIVERS

Appleyard E.A., Guha J. (eds.) (1991). - A special issue on applications of hydrothermal alteration studies to mineral exploration. *Econ. Geol.*, **86**, n° 3, pp. 461-684.

Ce numéro spécial d'Economic Geology rassemble les communications d'un symposium organisé lors de la 92ème réunion annuelle de la CIM, en mai 89 : "hydrothermal alteration : how good a guide for exploration". Une introduction des éditeurs de ce numéro spécial rappelle l'évolution des idées et des techniques sur ce sujet durant les quarante dernières années. La plupart des articles concernent des études de gîtes d'or canadiens mésothermaux et épithermaux, mais aussi des amas sulfurés volcano-sédimentaires (en particulier la célèbre mine Horne).

Bird D.K., Brooks C.K., Gannicott R.A., Turner P.A. (1991). - A gold-bearing horizon in the Skaergaard intrusion, east Greenland. *Econ. Geol.*, **86**, n° 5, pp. 1083-1092.

L'intrusion gabbroïque de Skaergaard (55 Ma) est un laccolite stratifié mis en place sur la marge passive de l'Est du Groenland entre le socle gneissique précambrien et sa couverture sédimentaire et volcanique tertiaire, durant le rifting continental et l'ouverture de l'Atlantique-Nord. On a découvert, dans la partie supérieure de la zone moyenne de cette intrusion de 2500 m de puissance, un faisceau de plusieurs horizons enrichis en métaux précieux (Au et Pd) que l'on a appelé le "Platinova reef". Les deux plus importants sont : à la base un niveau de 3 à 6 m contenant en moyenne 2 g/t de palladium (maximum, 6 g/t) ; au sommet un niveau de 2 à 3 m où la teneur moyenne en or dépasse 1 g/t, avec une valeur extrême supérieure à 20 g/t sur une passe de 20 cm. L'or est principalement sous forme d'alliage Cu-Au, en grains de 1 à 75 µm, et apparaît aux joints de cristaux de pyroxène et de plagioclase, en association avec des sulfures (digénite, bornite et chalcopryrite notamment). Cette présentation suggère que l'or a été piégé au moment de la cristallisation du liquide résiduel.

Coveney R.M. Jr, Nansheng C. (1991). - Ni-Mo-PGE-Au rich ores in chinese black shales and speculations of possible analogues in the United States. *Mineral. Deposita*, **26**, n° 2, pp. 83-88.

Dans le Cambrien inférieur du Sud de la Chine, on connaît des black shales enrichis en Ni, Mo, V, Cu, U, Ba et Ag, qui se signalent en particulier par une forte anomalie régionale en Mo, reconnue sur des centaines de milliers de kilomètres carrés. Ils contiennent de fins niveaux et lentilles à nodules phosphatés et pyriteux minéralisés en Mo, Ni, PGE et Au, actuellement exploités dans le gisement de molybdène de Zunyi (province de Guizhou) ; ce gisement fournit annuellement 1000 t de minerai à 4% Mo, 4% Ni, 2% Zn, 50 g/t Ag, 0,3 g/t Pt et 0,4 g/t Pd. Les métaux précieux ne sont pas encore récupérés. Plusieurs indices du même type ont été reconnus ; ils se placent tous près de la limite Précambrien-Cambrien. Les auteurs se livrent à une rapide comparaison avec des indices récemment découverts au Canada (Selwyn basin) avant de conclure que les conditions de genèse de ce type de minéralisation sont encore mal cernées (l'hypothèse la plus vraisemblable est le modèle Sedex) et qu'il serait justifié de

prospector certains black shales paléozoïques du centre des États-Unis anomaux en molybdène.

Garcia Iglesias J., Loredó J. (1990). - Geological, mineralogical and geochemical characteristics of the Carles gold mineralization, Asturias, Spain. *Mineral. Deposita*, **25**, suppl. issue, pp. S 53-S 58.

Le gîte de Carles, à 30 km à l'ouest d'Oviedo, est localisé dans l'auréole de contact d'un massif granodioritique intrusif dans une série paléozoïque plissée, constituée de quartzites siluriens et de calcaires et ardoises dévoniens. La minéralisation aurifère est associée à un phénomène hydrothermal tardif affectant la granodiorite et son encaissant (intense chloritisation des skarns) ; elle se développe sous forme d'un réseau de veines de quartz et de disséminations dans les skarns altérés. L'or, à fort contenu en argent, et du bismuth natif sont associés à une paragenèse sulfurée constituée principalement d'arsénopyrite et de chalcopryrite.

Gayer R., Rickard D. (1994). - Colloform gold in coal from southern Wales. *Geology*, **22**, pp. 35-38.

De fins agrégats (2 à 10 µm) de particules d'or (30 à 50 µm) ont été identifiés dans des fractures d'une couche de charbon (Westphalien B et C) du pays de Galles. Le remplissage des fractures est constitué de carbonates, sulfates de Ba et Ca, argiles et d'une paragenèse sulfurée complexe à Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd et Pb (plus de 50 espèces). Les microstructures de l'or, pratiquement pur, suggèrent une précipitation sous forme colloïdale. Le métal a été introduit dans les fractures-hôtes après la lithification et postérieurement à l'orogénèse varisque, mais avant la précipitation de la paragenèse sulfurée.

Harris D.C. (1990) - The mineralogy of gold and its relevance to gold recoveries. *Mineral. Deposita*, **25**, suppl. issue, pp. S 3-S 7.

Les minerais d'un certain nombre de gisement d'or possèdent des caractéristiques telles que les méthodes de traitement doivent être adaptées cas par cas pour obtenir une récupération convenable. C'est en particulier le cas de l'or invisible ou "réfractaire", en particules submicroniques ou camouflé dans le réseau de certains sulfures. Le choix des méthodes de traitement demande au préalable des études minéralogiques fines pour identifier les causes susceptibles d'entraîner de mauvaises récupérations. L'auteur passe en revue les différents facteurs minéralogiques dont il faut tenir compte : nature des minéraux contenant l'or (plus de cinquante possibilités, depuis l'or natif et ses alliages, jusqu'à des espèces sans nom) ; taille des grains (de la pépité à l'or colloïdal et à l'or en solution solide dans certains sulfures) ; nature de la gangue (les minéraux argileux, les matières carbonées et les gangues de silice fine sont sources de problèmes) ; nature des sulfures associés (les sulfures de cuivre entraînent une consommation exagérée de cyanure) ; problèmes associés à l'enrobage naturel, ou lors du traitement, des particules d'or par des hydroxydes de fer ou divers composés métalliques ; or invisible (inclusions ultrafines dans les sulfures ou or intégré au réseau). Ce court article synthétique devrait

intéresser tout particulièrement les géologues d'exploration, qui doivent savoir engager très tôt des études minéralogiques permettant d'orienter les tests minéralurgiques.

Hérail G., Fornari M., Pozzo L. (1993). - Émissions d'or particulaire au cours de phases de volcanisme explosif du Miocène au sud de l'Altiplano de Bolivie. *C. R. Acad. Sci., Paris*, **316**, sér. II, pp. 1431-1438.

L'or des placers de l'Altiplano bolivien provient non seulement de l'érosion des filons de quartz aurifère de l'Ordovicien, mais aussi d'ignimbrites miocènes. L'or en provenance de ces dernières est en particules subsphériques de très petite taille montrant à leur surface des formes octaédriques et des textures "ruiniformes" arrondies. De plus, ces particules ne contiennent pas d'argent, alors que les grains provenant de l'Ordovicien en contiennent 3 à 8% et parfois jusqu'à 15 ou 20%.

Hughes F.E. (ed.) (1990). - Geology of the mineral deposits of Australia and Papua New-Guinea. Australas. Inst. Min. Metall., Monograph 14, 2 vol., 1825 p., 2 cartes h.t.

Cette monographie, 15 ans après la première (n° 5), permet de faire état des nouvelles découvertes minières, certaines importantes comme le diamant d'Argyle, le gisement à Cu-Au-U d'Olympic Dam, le gisement d'or de Porgera, etc., mais aussi de moderniser les concepts géologiques et gîtologiques concernant les provinces, les districts et les gisements. Un quart de l'ouvrage, en 2 volumes, est consacré à l'or, traduisant l'effort considérable de recherche fait sur ce métal depuis 15 ans. Sans aucun doute, comme c'est le cas des volumes consacrés à la description des gisements d'Afrique du Sud, cet ouvrage est un monument sur l'un des grands pays miniers du Monde.

Jankovic S. (1990). - Types of copper deposits related to volcanic environment in the Bor district, Yugoslavia. *Geol. Rundschau*, **79**, n° 2, pp. 467-478.

Le district de Bor, dans la province carpatho-balkanique, s'étend sur une distance de 80 km de long et une largeur pouvant dépasser 20 km. Le tonnage total de ce district (minerais exploités et potentiel exploitables) est estimé à 15 Mt de cuivre métal. L'auteur passe en revue les différents types de gisement associés à l'activité magmatique calco-alcaline crétacée : corps sulfurés massifs associés à un volcanisme andésitique, à pyrite, chalcocite, covellite, énargite (type Bor) ; lentilles stratiformes à sulfures massifs (nouveau type découvert récemment : gisement de Choka Marin) localisées au contact entre un mur andésitique et un toit volcano-sédimentaire (pélites à hématite disséminée à intercalations de tufs et brèches volcaniques), à pyrite, énargite, luzonite chalcopirite et or (5 à 10 g/t) ; porphyres cuprifères à pyrite, chalcopirite et molybdénite accessoire (ex.: gisements de Majdanpek et Veliki Kriveli) associés à des intrusions subvolcaniques ou à des dykes porphyriques ; enfin conglomérats à éléments d'andésites et de minerais remaniés, déposés dans un petit bassin sédimentaire, cas unique dans le district et dans la province Carpatho-Balkanique, correspondant au gisement de Novo Okno.

Nash J.T., Connor J.J. (1993). - Iron and chlorine as guide to stratiform Cu-Co-Au deposits, Idaho Cobalt Belt, USA. *Mineral. Deposita*, **28**, n° 2, pp. 99-106.

Située dans le Nord de l'Idaho, la Cobalt Belt correspond à des niveaux riches en fer et en chlore interstratifiés dans la Formation de Yellowjacket d'âge protérozoïque moyen, constituée principalement d'argilites et de siltites métamorphisées dans le faciès schistes verts. Ces niveaux, enrichis en magnétite et pyrite ou en biotite, contiennent des scapolites et renferment localement des concentrations à Co-Cu-Au. La plus importante est située dans le faciès à biotite et correspond au gisement de Blackbird qui, en 1960, avait produit 6350 t de cobalt à partir d'un minerai à 0,6% Co et 1,5% Cu ; en 1978-1982, Noranda Exploration Inc. avait défini 7,3 Mt de réserves exploitables et identifié plusieurs concentrations intéressantes dans la région. Le faciès silicaté porteur de la minéralisation contient plus de 50% de biotite et se développe sur une distance de plus de 15 km à l'est de la mine ; il est riche en Cl et contient des teneurs anormales en Cr, Mg, P, Sc, Ti, V, Y et Yb. Il est interprété comme un dépôt chimique déposé au fond de la mer ou près de l'interface eau-sédiment, en relation avec un volcanisme basique identifié dans la série et des sources hydrothermales sous-marines.

Scheepers R., Cuney M. (1992). - Hydrothermal breccia-related Cu-Mo-Au mineralization in Late Precambrian granites, western Cape Province, South Africa. *Ore Geol. Reviews*, **7**, n° 1, pp. 1-24.

Les pipes bréchiques à Cu-Mo-Au sont suffisamment rares au Précambrien pour que cet article mérite d'être signalé, même si l'intérêt économique des indices décrits semble très restreint. Deux corps bréchiques ont été découverts dans une intrusion leucogranitique alcaline anorogénique d'âge précambrien supérieur, située à une soixantaine de kilomètres de Cape Town. La plus importante a un diamètre de 75 m environ, trois phases successives de bréchifications y ont été identifiées ; la paragenèse de remplissage comporte quartz, fluorite et de petites quantités de sulfures. Une grande partie de l'article est consacrée aux altérations accompagnant la mise en place de la minéralisation, à l'étude géochimique sur sondages des brèches et aux inclusions fluides. La pauvreté en sulfures pourrait être attribuée à une action limitée des phénomènes d'ébullition, à moins que les pipes bréchiques ne soient que les racines d'une structure plus importante et plus richement minéralisée décapée par l'érosion.

Soler A., Ayora C., Cardellach E., Delgado J. (1990). - Gold-bearing hedenbergite skarns from the SW contact of the Andorra granite (Central Pyrenees, Spain). *Mineral. Deposita*, **25**, suppl. issue, pp. S 59-S 68.

Dans la zone axiale pyrénéenne, le granite d'Andorre renferme sur sa bordure sud-ouest une série de skarns développés dans la zone de contact avec des calcaires dévoniens. Les uns, à idocrase, grenat et diopside, montrent une paragenèse tardive à pyrrhotite dominante comportant des quantités mineures de sulfures d'As, Cu, Pb, Zn et du bismuth sous forme native et de tellure ; l'or n'a pas été observé et les teneurs sont faibles dans les minerais (< 0,8 g/t). Les autres, à hedenbergite et grenat contiennent une minéralisation sulfurée dont la teneur en or, variable, peut atteindre 5 g/t. Cette

minéralisation est liée à des filonnets tardifs à quartz, calcite, chlorite. La paragenèse sulfurée comporte pyrrhotite, arsénopyrite, galène, sphalérite, chalcopryrite, molybdénite, bismuth natif et tellure de Bi ; l'or, associé à ces minéraux, est riche en argent.

Spooner E.T.C. (1993). - Magmatic sulphide/volatile interaction as a mechanism for producing chalcophile element enriched, Archean Au-quartz, epithermal Au-Ag and Au skarn hydrothermal ore fluids. *Ore Geol. Reviews*, 7, pp. 359-379.

Les gisements d'or de différents types (skarns, zones de cisaillement, gîtes épithermaux) montrent de nombreux éléments communs : ainsi, on retrouve très souvent le même assemblage géochimique à neuf métaux (Au, Ag, Fe, Cu, Pb, Zn, Hg, Mo, Sb), deux métalloïdes (As, Te) et soufre. Cette association indique que ces types de gisements pourraient avoir une même filiation magmatique. L'article propose un modèle de concentration de l'or par des fluides magmatiques. A moins de 1000°C, l'or et les éléments chalcophiles sont extraits des magmas mafiques à intermédiaires, car les coefficients de partition sont élevés (100 à 1000). Ce mécanisme permettrait d'expliquer l'association des grands systèmes à Au-Ag avec des roches magmatiques qui ont produit de grandes quantités de fluides ; deux types de magma seraient plus particulièrement favorables, ceux présents dans les zones de subduction et les magmas alcalins sodiques.

Sutill K.R. (1994). - Olympic Dam strides ahead. *Engin. Min. J.*, 195, n° 1, pp. 45-54.

Le gisement d'Olympic Dam est constitué par une série de zones bréchiques irrégulières, allongées, parfois interconnectées à plongement subvertical. Il s'agit d'un volcan de type maar. Le coeur du système est formé de brèches à quartz-hématite stériles. Il est entouré par des brèches à hématite et éléments granitiques, elles-mêmes entourées par des brèches granitiques et du granite relativement sain. La minéralisation cuprifère est associée à l'hématite dans la zone intermédiaire sous forme de chalcopryrite, bornite et chalcocite disséminées. L'uranium est présent sous forme de pechblende, accessoirement de coffinite et de brannérite, mais n'est pas associé aux sulfures. L'or est libre dans tout le corps minéralisé. Une zone profonde à pyrite-chalcopryrite est surmontée par une zone riche à bornite-chalcocite. Les réserves, calculées sur cette dernière zone pour une durée de vie d'au moins 10 ans, sont estimées à 37 Mt à 2,8% Cu, 0,9 kg/t U₃O₈, 0,4 g/t Au et 7,7 g/t Ag. Dans la partie sud et sud-est du gisement 2,5 Mt de minerai ont été identifiées avec 2,9 g/t Au, 39 g/t Ag, 2,5% Cu et 0,8 kg/t U₃O₈. Les ressources totales sont estimées à 450 Mt de minerai. La gestion de l'exploitation est rendue complexe par le grand nombre de corps minéralisés, leur distribution erratique et la présence de plusieurs éléments économiques. Durant l'année 1992-93, la mine a produit 69 000 t de cuivre, 1 400 t d'oxyde d'uranium, 0,77 t d'or et 9,3 t d'argent.

Tanelli G. (1992). - La géologie des gisements aurifères. *Pour la Science*, n° 180, pp. 70-81.

Cet article de semi-vulgarisation offre un panorama rapide sur l'or et ses gisements. Après un bref aperçu économique l'auteur fait le point des connaissances actuelles sur différents aspects concernant les concentrations aurifères et leur genèse. Le non-spécialiste, disposant néanmoins d'une bonne culture géologique, appréciera en particulier la présence de tableaux synthétiques (données géochimiques et minéralogiques) et de schémas illustrant les grands types de gisement et le cycle de l'or dans la croûte terrestre.

Wu X., Delbove F., Touray J.C. (1990). - Conditions of formation of gold bearing arsenopyrite: a comparison of synthetic crystals with samples from Le Châtelet gold deposit, Creuse, France. *Mineral. Deposita*, **25**, suppl. issue, pp. S 8-S 12.

Les cristaux d'arsénopyrite aurifère fabriqués en laboratoire à 400 et 500°C et une pression de 1 à 2 kbar, présentent des caractéristiques similaires à celle du Châtelet et du gisement voisin de Villeranges : prismes zonés aciculaires contenant jusqu'à plus de 1,7% d'Au (1,6% pour les arsénopyrites aurifères naturelles). D'après les données des inclusions fluides (300-350°C au Châtelet et 200°C à Villeranges), la température ne semble pas avoir joué un rôle fondamental pour le piégeage de l'or dans l'arsénopyrite.

GÎTOLOGIE REGIONALE

Andrew R.L. (1995). - Porphyry copper-gold deposits of the Southwest Pacific. *Min. Eng.*, **47**, n° 1, pp. 33-38.

Le Sud-Ouest Pacifique (Indonésie, Papouasie - Nouvelle-Guinée, Philippines) contient quelques-uns des plus gros gisements mondiaux de type porphyry à cuivre-or, avec des teneurs moyennes de 0,5 à 0,7% Cu et 0,5 à 1 g/t Au. Gamberg est un "monstre" exceptionnel avec plus de 1100 Mt de minerai à 1,25% Cu, 1,55 g/t Au et 3 g/t Ag. Ces gisements se localisent dans des arcs insulaires andésitiques comportant des intrusions de magma de tendance alcaline (diorite, monzodiorite), comme cela a déjà été signalé dans la cordillère ouest-américaine. Une liaison de l'or avec des roches volcaniques (shoshonites, trachybasaltes) se retrouve d'ailleurs aussi dans les arcs de l'Ouest et du Sud-Ouest Pacifique (Fidji). Contrairement aux porphyres cuprifères sur croûte continentale épaisse, ceux du Sud-Ouest Pacifique, sauf exception, ne contiennent pas de molybdène. L'un de leurs caractères, reconnu depuis les années 90 et utilisé en prospection, est de se développer sous une zone d'altération argilique avancée à alunite. Cet article donne aussi de nombreux renseignements économiques (tonnages, teneurs, productions, coûts d'exploitation, etc.) sur les principaux gisements exploités (Bougainville, OK Tedi et Wafi en Nouvelle-Guinée ; Grasberg et Batu Hijau en Indonésie) et les plus importants prospects (Wafi, Nena, Lihu, Namosi, Far Southeast et Guinaoang).

Anonyme (1992). - Pacific island gold. *Eng. Min. J.*, **193**, n° 6, pp. 40-43.

Cet article présente un modèle de stratégie d'exploration basé sur des contrôles structuraux dans les arcs de la bordure mélanésienne du sud-ouest du Pacifique (Papouasie - Nouvelle-Guinée, îles Salomon, Fidji et Vanuatu), dont la production annuelle d'or est de 40 t d'or environ, auxquelles pourraient s'ajouter une trentaine de tonnes venant des projets en cours de développement. La bordure mélanésienne est une zone de convergence oblique d'une centaine de kilomètres de large constituée d'arcs volcaniques morcelés en une mosaïque de blocs par des accidents décrochants. Ces blocs ont subi à la fois des déplacements verticaux et des mouvements de rotation autour d'axes verticaux ou horizontaux. Des déplacements verticaux de 2 km en 1 Ma et des rotations de 25° en 100 000 ans sont monnaie courante. La connaissance des mouvements verticaux permet d'apprécier l'intérêt économique d'un gisement : un mouvement ascendant favorisera l'érosion de la partie supérieure enrichie, tandis qu'un mouvement en sens inverse provoquera au contraire un enfouissement plus ou moins important. Les mouvements de rotation ne sont pas moins importants dans une approche prévisionnelle.

Bernstein M. (1990). - The geology of copper and gold ore deposits in Chile. *Min. Mag.*, **163**, n° 3, p. 155-168.

Article de synthèse présentant un panorama des principaux gisements de cuivre et d'or de la partie chilienne de la grande province cuprifère de la cordillère andine. Après avoir rappelé que le Chili est le premier producteur de cuivre du monde et qu'il possède les plus grandes réserves de ce métal (9 625 Mt de minerai à 1,02% Cu, représentant 94,5 Mt de métal), l'auteur passe en revue les principaux gisements de cuivre porphyres

cuprifères, contenant des réserves allant de plusieurs centaines de millions de tonnes à plus de 3 milliards de tonnes de minerai à faible teneur, et gisements stratiformes associés au volcanisme paléozoïque ou crétacé. Il décrit ensuite rapidement les plus importants gisements d'or, qui peuvent être des porphyres aurifères ou des gisements épithermaux associés au volcanisme tertiaire. Parmi ces derniers, le district d'El Indio est le plus important ; ses réserves sont évaluées à près de 70 t d'or, 630 t d'argent et 417 000 t de cuivre.

Bernstein M., Ly P. (1993). - Peru's precious and base metals status and future prospect. *Min. Eng.*, **45**, n° 7, pp. 705-709.

La place du Pérou dans le monde minier est de premier ordre : en 1992, ce pays était le 3ème producteur mondial d'argent (1,5 kt), le 5ème pour le cuivre (367,7 kt) et le zinc (600,6 kt) et le 6ème pour le plomb (193,2 kt). En outre il a produit 10,4 t d'or. La production de cuivre provient essentiellement de gisements porphyriques : Cerro Verde (26 kt Cu), Toquepala (102 kt) et Cuajone (141 kt) ; ces deux derniers appartiennent à la chaîne de porphyres cuprifères qui s'étend jusqu'à El Teniente au Chili. Ce type représente un énorme potentiel (près de 2 000 Mt de minerai) avec une cinquantaine de gisements dont les plus importants sont Quellaveco, Michiquillay, Toromocho, Santa Rosa. Les skarns sont un autre type important de gîte cuprifère avec les gisements de Tintataya, Corocohuyaco et Chacolibama, Cobruza et, le plus grand, Antamina, avec un projet d'exploitation de 34,6 Mt de minerai. Les gisements polymétalliques sont également une source importante de cuivre, plomb, zinc et argent ; à côté de Cerro Pasco qui est le gisement le plus célèbre, on trouve Milpo et Quiruvilca. Les gisements stratiformes ne représentent par contre qu'une faible part du potentiel en cuivre. Tambo Grande (42,3 Mt à 2,06% Cu, 1,47% Zn et 30 g/t Ag) en est un exemple. Le type Mississippi Valley à Pb-Zn est présent avec les gisements de San Vicente, Pichita Caluga et El Metal. Les filons hydrothermaux contribuent largement à la production d'argent (Orcopampa, Julcani, Arca,...). En plus de riches placers, le Pérou contient des gîtes filoniens aurifères. Magnétite, étain, tungstène, et phosphate sont les autres richesses du Pérou.

Bird D. (1994). - Gold in Ghana. *Min. Mag.*, **170**, n° 1, pp. 12-17.

Au Ghana, l'exploitation de l'or qui remonte au 15è siècle et qui avait depuis décliné connaît depuis 1987 un renouveau d'activité. Ceci résulte de la nouvelle politique d'investissement voulue par l'État ghanéen et le désengagement progressif de la société d'état, la State Gold Mining Corp. (SGMC). Plus d'une centaine de compagnies, dont le quart sont étrangères, sont actuellement présentes. L'or se rencontre dans des veines associées aux shear-zones du Birrimien et dans le conglomérat tarkwaïen. Il fait également l'objet d'exploitations alluviales où il peut être associé à la cassitérite, la chromite, la magnétite, le diamant et le grenat. Konongo, l'un des premiers nouveaux gisements ouvert en 1988, est aujourd'hui épuisé. La mine de Bogosu, avec une capacité de 900 000 t/an, produit 2,4 t d'or (1992) à partir d'un minerai oxydé et sulfuré. Situé sur la même zone de cisaillement qu'Obuasi et Bogosu, le gisement de Prestea se présente sous forme d'un système de reefs long de 6,4 km, qui s'étend jusqu'à 1200 m de profondeur. Dans la région de Therebie, le conglomérat tarkwaïen a produit près de 4 t

d'or en 1992, à partir d'un minerai oxydé à 1,9 g/t traité par lixiviation en tas ; la production devrait être portée à 7,7 t en 1995. La mine voisine d'Iduapriem, ouverte en 1992, exploite le même type de minerai à 1,9 g/t ; la production devrait se monter à 3 t d'or en 1993. Des réserves de 5,58 Mt à 2,3 g/t ont été identifiées à Ajopa North dans la même formation. La mine de Tarkwa, récemment privatisée, exploite un minerai à 7,5 g/t ; en 1992, sa production n'a été que de 800 kg. Il existe de nombreux autres projets, parmi lesquels Kwabeng, Bonte, Abosso et Ayanfuri ; ce dernier contiendrait près de 15 t d'or dont plus de 9 t dans un minerai oxydé.

Bril H., Bonhomme M.G., Marcoux E., Baubron J.C. (1991). - Ages K/Ar des minéralisations de Brioude-Massiac (W-Au-As-Sb ; Pb-Zn), Pontgibaud (Pb-Ag ; Sn) et Labessette (As-Pb-Sb-Au) : place de ces districts dans l'évolution géotectonique du Massif central français. *Mineral. Deposita*, **26**, n° 3, pp. 189-198.

Les datations K/Ar des phyllosilicates d'altération hydrothermale associés aux minéralisations filoniennes de ces districts mettent en évidence un premier épisode hétérochrone de haute température daté à 295 ± 6 Ma dans les districts de Pontgibaud et Labessette et à 250 ± 10 Ma dans le district de Brioude-Massiac. Il est suivi à partir 220 Ma de plusieurs épisodes de basse température, dans le bâti largement cratonisé, avec apparition de paragenèses tardives et rajeunissements des phyllosilicates de haute température.

Clifford D. (1993). - PNG's golden glow & the significance of Porgera. *Min. Mag.*, **168**, n°3, pp. 113-115.

L'industrie minière contribue pour près de 15% aux revenus de la Papouasie - Nouvelle-Guinée (PNG) qui est passée en 1991 à la sixième place mondiale des pays producteurs d'or (60,8 t). Aussi l'arrêt de la mine de Panguna a porté un sérieux coup à l'économie. Murobe, Panguna, OK Tedi, Misima, Porgera, Mt Kare sont autant de gisements qui marquent les étapes de l'histoire minière du pays. Le gisement de Porgera représente (voir Chronique, n°509, 1992) 5,49 Mt à 17,1 g/t Au en souterrain et 45,65 Mt à 5,0 g/t Au en carrière. En 1992, la production s'est élevée à près de 45 t avec un coût opératoire d'environ 4 \$A/g. Le troisième stade du développement a été atteint en 1992 avec une capacité de 3 500 t/j. Le quatrième stade, prévu pour fin 1993, verra la capacité passer à 4 500 t/j pour la mine souterraine et à 2 800 t/j pour la carrière. Rappelons que la minéralisation (Au, Ag) se trouve en bordure de corps intrusifs (diorite, andésite) et dans des brèches, dans un contexte sédimentaire fortement plissé et faillé. Les réserves à basse teneur sont situées dans le secteur de Waruwari, où l'or est associé à des sulfures dans des veines à pyrite, galène et blende. Une grande partie de l'or se présente sous forme submicroscopique dans les sulfures et ne peut pas être extrait par cyanuration : les concentrés de flottation sont donc oxydés sous pression avant la cyanuration. Dans le secteur à forte teneur (zone VII), l'or est lié aux veines à quartz, carbonates et chlorite.

Cuadra W.A., Dunkerley P.M. (1991). - A history of gold in Chile. *Econ. Geol.*, **86**, n° 6, pp. 1155-1173.

Depuis la conquête espagnole, le Chili a connu quatre périodes favorables, pour des raisons historiques ou techniques, à l'exploitation de l'or. De cette histoire, qui débute en 1541 avec la fondation de la ville de Santiago, retenons en particulier : que la seconde période faste, du milieu du XVIIIe au début du XIXe siècle, a culminé en 1810, avec une production (plus de 3 t/an) équivalente à celles du Pérou et du Mexique réunies ; que la période actuelle, qui débute en 1971 avec l'abandon de l'étalon-or, est caractérisée par une montée en puissance de la production, avec la découverte d'importants gisements épithermaux dans la Cordillère des Andes (El Indio en particulier). En 1989, elle s'établissait à 21,6 t et elle devrait s'accroître dans les années à venir, en raison des nouveaux projets miniers en cours de montage. Dans le numéro spécial d'Economic Geology de septembre-octobre 91, après cet historique, deux articles de synthèse (Davidson et Mpodozis, Sillitoe) donnent une vue d'ensemble des gisements d'or du domaine andin au Chili ; ils sont suivis d'excellentes descriptions d'un certain nombre de gisements récemment mis en exploitation.

Elevatorski E. A. (1988 et 1989). - World gold : mines, deposits and discoveries ; 2 vol., 156 et 148 p. Ed : Minobras Mining Services and Research, USA.

Cet ouvrage en deux volumes comporte une classification des gisements d'or accompagnée d'une description des caractéristiques des principaux types ; il contient également une description des mines et des projets en cours de développement. Un index des mines et des gîtes recensés facilite la consultation des deux volumes. Le premier est consacré au continent américain, le second au reste du monde.

Gaal G., Sunblad K. (1990). - Metallogeny of gold in the Fennoscandian shield. *Mineral. Deposita*, **25**, suppl. issue, pp. S104-S114.

Revue des différents types de gisements d'or du Bouclier fennoscandien (Baltique) par grands domaines lithostructuraux. Le tonnage total (minerais exploités et réserves) est estimé à 1800 t Au. Les greenstones belts de l'Archéen supérieur et du Protérozoïque inférieur, ainsi que les intrusions tonalitiques du Svécofennien inférieur (1,9-1,85 Ga) sont les domaines les plus favorables à de nouvelles découvertes.

Gerling R.W. (1992). - Gold of Mexico. *Engin. Min. J.*, **193**, n° 9, pp. 16JJ-16LL.

Le secteur de Pueblo Nuevo, dans l'état de Durango, recèle des minéralisations épithermales dont le ratio Au/Ag, anormalement élevé, atteint 1/100. Ces minéralisations sont localisées dans une série volcanique andésitique éocène, les "Lower volcanic series", reposant sur des sédiments marins jurassiques. Elles sont génétiquement liées à un batholite d'âge oligocène, composé de monzonite quartzique, de granodiorite et de diorite quartzique. Les structures minéralisées sont des filons associés à des systèmes de failles NW-SE et NE-SW. La zone d'altération supergène est peu profonde, mais le degré généralement élevé d'oxydation facilite l'extraction. Les

minéraux présents dans cette zone sont l'or libre, l'azurite, l'hématite, la limonite et le quartz. La zone à sulfures contient de l'or libre et les minéraux suivants : argentite, chalcopryrite, bornite, galène, blende et arsénopyrite. La gangue est constituée par la calcite et la fluorite. Ces structures minéralisées, qui n'ont pas été étudiées sérieusement, font l'objet d'exploitations artisanales.

Hughes F.E. (ed.) (1990). - *Geology of the mineral deposits of Australia and Papua New-Guinea*. Australas. Inst. Min. Metall., Monograph 14, 2 vol., 1825 p., 2 cartes h.t.

Cette monographie, 15 ans après la première (n° 5) permet de faire état des nouvelles découvertes minières, certaines importantes comme le diamant d'Argyle, le gisement à Cu-Au-U d'Olympic Dam, le gisement d'or de Porgera, etc., mais aussi de moderniser les concepts géologiques et gîtologiques concernant les provinces, les districts et les gisements. Un quart de l'ouvrage, en 2 volumes, est consacré à l'or, traduisant l'effort considérable de recherche fait sur ce métal depuis 15 ans. Sans aucun doute, comme c'est le cas des volumes consacrés à la description des gisements d'Afrique du Sud, cet ouvrage est un monument sur l'un des grands pays miniers du Monde.

Jankovic S. (1990). - Types of copper deposits related to volcanic environment in the Bor district, Yugoslavia. *Geol. Rundschau*, **79**, n° 2, pp. 467-478.

Le district de Bor, dans la province carpato-balkanique, s'étend sur une distance de 80 km de long et une largeur pouvant dépasser 20 km. Le tonnage total de ce district (minerai exploité et potentiel exploitable) est estimé à 15 Mt de cuivre métal. L'auteur passe en revue les différents types de gisement associés à l'activité magmatique calco-alcaline crétacée : corps sulfurés massifs associés à un volcanisme andésitique, à pyrite, chalcocite, covellite, énargite (type Bor) ; lentilles stratiformes à sulfures massifs (nouveau type découvert récemment : gisement de Choka Marin) localisées au contact entre un mur andésitique et un toit volcano-sédimentaire (pélites à hématite disséminée à intercalations de tufs et brèches volcaniques), à pyrite, énargite, luzonite chalcopryrite et or (5 à 10 g/t) ; porphyres cuprifères à pyrite, chalcopryrite et molybdénite accessoire (ex.: gisements de Majdanpek et Veliki Kriveli) associés à des intrusions subvolcaniques ou à des dykes porphyriques ; enfin conglomérats à éléments d'andésites et de minerai remaniés, déposés dans un petit bassin sédimentaire, cas unique dans le district et dans la province carpato-balkanique, correspondant au gisement de Novo Okno.

Knopf D.J., Sacadura M.J., Sardinha I. (1990). - Precious metals in Portugal. *Min. Mag.*, **162**, n° 5, p 340-345.

Au Portugal comme en Espagne, il existe de nombreuses anciennes exploitations artisanales d'or, datant pour la plupart de l'occupation romaine ; le contexte géologique et la législation minière, récemment adaptée pour l'entrée du Portugal dans la CEE, sont favorables aux investisseurs, d'autant que le potentiel minier du pays est loin d'avoir été complètement exploré. La seule mine d'or en activité est celle de Jales, dans le district

aurifère de Tres Minas, au NE du Portugal, où les anciens travaux romains sont les plus importants du pays ; elle a produit 33 t d'Au et 100 t d'Ag depuis 1933, ses réserves sont estimées à 100 t d'Au. L'article, principalement consacré à l'or, mentionne cependant la possibilité de rechercher des platinoïdes dans le complexe basique-ultrabasique protérozoïque de Bragança situé au nord-est du pays, près de la frontière espagnole. Les auteurs, en évoquant les différents types de gisements d'or (souvent encore peu connus), passent en revue les différentes zones d'intérêt du socle hercynien portugais, localisées sur une carte géologique schématique ; plusieurs sociétés minières importantes ont obtenu de grandes zones de permis d'exploration, mais il semble qu'il reste encore des possibilités pour d'autres investisseurs.

Nurmi P.A. (1991). - Geological setting, history of discovery and exploration economics of Precambrian gold occurrences in Finland? *J. Geochem. Explor.*, **39**, n° 3, pp. 273-287.

Dans les années 80, un important investissement dans le domaine de l'exploration de l'or a été consenti par le Service géologique de Finlande et les compagnies minières. Cette étude est basée sur les données recueillies sur 39 occurrences à or seul ou à or dominant. Une partie de ces occurrences présente d'étroites analogies avec les gîtes mésothermaux à or des autres boucliers anciens ; elles ont été trouvées dans les ceintures archéennes (2,9-2,7 Ga) de l'Est de la Finlande et dans celles, d'âge protérozoïque (2,5-1,9 Ga), du nord du pays ; elles sont caractérisées par des encaissants de roches basiques et ultrabasiques, leur association à des shear zones d'extension régionale et une intense altération hydrothermale. Les autres occurrences sont situées dans le complexe svécokarélien (2-1,75 Ga), sous forme de corps filoniens à chalcoppyrite et mispickel, localisés dans la zone de contact d'intrusions tonalitiques. Les méthodes d'exploration ont largement fait appel aux campagnes géochimiques régionales et locales en sédiments glaciaires. Le potentiel aurifère de la Finlande reste encore largement inexploré et les prospections futures donneront la priorité aux dépenses de sondage.

Nurmi P.A. (1993). - Archean Au in Finland. *Engin. Min. J.*, **194**, n° 11, pp. 32-36.

La ceinture schisteuse archéenne de Hattu (2,754 Ga), dans l'Est de la Finlande, est un segment de 50 km de long qui appartient à la ceinture de Ilomantsi-Kostamuksha essentiellement située en Russie. Elle est constituée principalement de sédiments épiciastiques et de roches volcaniques intermédiaires à acides ; les tholéiites et les komatiites y sont peu représentées. Le métamorphisme a atteint la transition schistes verts-amphibolites. Des stocks tonalitiques et des dykes de porphyre felsique pénètrent les formations. La région est couverte par un till glaciaire de 5 m d'épaisseur en moyenne. En 1986, le Service Géologique de Finlande a entamé une campagne régionale de prélèvements géochimiques sur les tills (1 échantillon pour 16 km²), qui a révélé des anomalies Au soulignées par As et B. L'échantillonnage, à la maille de 250 x 250 m, de la base des tills a ensuite confirmé une zone anormale en Au, Te, Bi subcontinue de près de 40 km de long. Le suivi, basé sur des échantillons de 14 kg prélevés à l'interface till-bedrock à la maille de 10 x 100-300 m, a montré l'existence de

zones plus riches d'extension hecto à kilométrique. Une dizaine de cibles ont ainsi été examinées. La minéralisation aurifère est associée à des zones de forte compression de 10 km de long très hydrothermalisées. L'or apparaît plus fréquemment dans les roches volcanoclastiques ou dans les intrusions felsiques. La minéralisation se présente sous forme disséminée dans les roches cisailées et altérées où apparaissent parfois des veines de quartz (tourmaline) d'épaisseur décimétrique. Des similitudes géochimiques, pétrographiques et isotopiques existent avec les autres ceintures aurifères archéennes dans le monde. Toutefois, température et pression semblent ici légèrement plus élevées, et l'association avec des tholéiites est moins prononcée.

Puustinen K. (1991). - Gold deposits of Finland. *J. Geochem. Explor.*, **39**, n° 3, pp. 255-272.

Courte synthèse des gisements aurifères finlandais dont les réserves totales sont estimées à 90 t d'or. Les différents types de gisement et leurs ressources sont décrits rapidement ; ce sont les amas sulfurés qui contiennent les plus grandes quantités de métal précieux (57 t), mais la plupart des découvertes récentes, faites à la suite d'importants programmes d'exploration, sont de type filonien ou de type shear zone.

Rodriguez C., Warden A.J. (1993). - Overview of some columbian gold deposits and their development potential. *Mineral. Deposita*, **28**, n° 1, pp. 45-47.

La Colombie est actuellement le 9e producteur mondial d'or et le second en Amérique du Sud après le Brésil. La production, qui provient pour 59% de placers, est assurée pour l'essentiel par des méthodes artisanales peu performantes (45 à 50% de pertes au cours du traitement). Les données sur les gisements aurifères publiées dans les revues internationales sont rares et cet article entend combler cette lacune en offrant un panorama des principaux types de gisements : outre les placers récents, il existe des conglomérats aurifères d'âge protérozoïque moyen reposant sur un socle plissé et métamorphisé durant l'orogénèse transamazonienne (Bouclier guyanais), des minéralisations stratiformes à Au-Cu-U₃O₈ dans des faciès détritiques carbonifères (Cordillère orientale) et des gisements hydrothermaux associés au magmatisme mésozoïque et tertiaire (Cordillère occidentale).

Rogerson R. (1992). - Exploration and development in Papua-New Guinea. *Austral. Inst. Min. Metall.*, **84**, n° 2, pp. 34-37.

Pour 1991, le bilan de l'activité minière en Papouasie - Nouvelle-Guinée est positif malgré des difficultés de tous ordres (rébellion, réglementation minière, ...), avec une production de 61 t Au, 124,5 t Ag et 205 000 t Cu. Porgera, ouvert en 1990, a fourni 37,5 t Au et Misima 80 t Ag et 10 t Au. Le niveau des dépenses d'exploration, très inférieur à celui des années 1987-1988, est resté identique à celui de 1990. Parmi les nouveaux projets, il faut citer le gisement à Cu-Au de Bewani ; découvert par Carpenter Pacific Resources, ce gisement est estimé à 1,885 Mt à 3,2 g/t Au (teneur de coupure à 1 g/t). Les réserves du gisement de Lihir, dont l'étude de faisabilité est en cours, sont estimées à 4,7 Mt de minerai oxydé à 1,96 g/t Au et 168,2 Mt de minerai sulfuré à

3,48 g/t ; au total, ce gisement représente 595 t d'or. Mentionnons enfin le gisement épithermal de Tokaluma exploré par Newmont, dont les réserves sont estimées à 1,47 Mt de minerai à 13,77 g/t Au (teneur de coupure à 4 g).

Schiller E.A. (1991). - Will NW Ontario be Canada's hot gold region in 1991 ? *Min. Mag.*, **164**, n° 3, pp. 155-156.

Deux nouvelles découvertes de gisement dans la greenstone belt archéenne d'Abitibi-Wawa, au nord du Lac Supérieur, déjà fameuse pour les découvertes de Hemlo et Casa Berardi dans les années 80 : Moss Lake et Eagle River. Le premier, situé à une centaine de kilomètres à l'ouest de Thunder Bay, correspond à une minéralisation aurifère à Cu et Ag subordonnés associée à des shear zones recoupant un stock dioritique intrusif dans une série de volcanites acides. La minéralisation à faible teneur (65 Mt de minerai à 1 g/t) est associée à une importante zone d'altération à séricite, hématite et albite. Le second, situé à 80 km au SE de Hemlo, appartient à un important couloir de déformation de 25 km d'extension où l'on a mis en évidence 10 zones aurifères. La plus importante (zone n° 8) correspond à une shear zone quartzreuse de 2000 m d'extension recoupant également un massif dioritique ; 5 lentilles minéralisées y ont été reconnues ; les contacts avec l'encaissant sont nets et l'altération hydrothermale est réduite. Les réserves totales des zones reconnues (8,6,2 et 7) se montent à 2 Mt de minerai à 7,5 g/t.

Scott A. (1994). - Gold in Tajikistan. *Min. Mag.*, **170**, n° 3, pp. 133-135.

Le Tadjikistan est un pays de 143 000 km² avec une population d'un peu plus de cinq millions d'habitants. Le pays possède une activité minière diversifiée et bien développée. Une des ressources majeures est constituée par l'or. Les deux usines de Taror et de Kansai produisent respectivement 700 et 500 kg/an de concentrés aurifères. La première est approvisionnée par le gisement de Jilau qui, constitué par un stockwerk à minerai arsénopyriteux, contiendrait 60 t d'or à 2,8 g/t. Le gisement d'Aprelevka (filons quartzeux) approvisionne la seconde usine ; les réserves prouvées sont de 1,5 Mt à 5,5 g/t, soit environ 8 t Au. L'exploitation souterraine du gisement de Taror (25 Mt à 6 g/t) devrait démarrer prochainement. A l'est de Taror, existent plusieurs gisements en cours d'étude : Chore, constitué de veines de quartz dans des grès carbonifères, contient 25 Mt d'un minerai arsénié à 4 ou 5 g/t ; Douba, avec une teneur identique, est probablement plus important ; Haut Kumar (300 t d'or), Kum et Manor.

Sillitoe R.H. (1991). - Gold metallogeny of Chile - an introduction. *Econ. Geol.*, **86**, n° 6, pp. 1187-1205.

Les Andes du Chili sont devenues une province aurifère majeure à la suite des nombreuses découvertes à la fin des années 70 et au début des années 80 : le tonnage métal cumulé des 18 gisements les plus importants, contenant au minimum 10 t, est supérieur à 1000 t d'or. Ces gisements sont pour la plupart de type épithermal ou porphyrique ; une partie importante d'entre eux est associée à des systèmes porphyriques, avec des gisements métasomatiques au contact des intrusions, puis successivement des gîtes épithermaux de type adulaire-séricite et "acid sulfate". Ces derniers, les plus importants du point de vue économique, sont généralement associés au

magmatisme miocène et les Andes du Chili contiendraient la première province aurifère mondiale pour ce type de gisement. La répartition régionale des différents types de gisement peut être expliquée par une diminution progressive d'est en ouest de la profondeur d'érosion. A la même époque (Miocène), le Sud du Pérou et le Sud de la Bolivie sont caractérisés par l'abondance des gisements de type adulaire-séricite, riches en argent.

Suttill K.R. (1990). - Brazilian gold - Into a new era. As alluvials become scarcer, primary production increases in importance. *Engin. Min. J.*, **191** n° 6, p. 22-24.

La contribution des garimpeiros à la production nationale restera encore prédominante pendant plusieurs années, mais celle du secteur industriel est en augmentation. Cet article passe en revue les différentes sociétés minières productrices d'or et leurs principales activités dans ce domaine. Une carte montre la localisation des gisements d'or primaire en exploitation.

Titley S.R. (1991). - Correspondence of ores of silver and gold with basement terranes in the American Southwest. *Mineral. Deposita*, **26**, n° 2, pp. 66-71.

L'analyse régionale du rapport Ag/Au dans les gisements épigénétiques de l'Arizona, du Nouveau Mexique, d'une partie du Nevada et de la Californie, fait apparaître une étroite relation de la valeur de ce rapport avec la nature du substratum géologique, quels que soient par ailleurs les types de gisement rencontrés à divers niveaux de la succession lithostratigraphique. Les gisements relativement riches en argent sont localisés dans des domaines comportant une épaisse semelle de sédiments détritiques protérozoïques et de sédiments marins paléozoïques. Les gisements plus riches en or apparaissent dans les domaines où le socle protérozoïque contient d'abondantes formations volcaniques acides et basiques. Cette distribution régionale des métaux précieux confirme l'hypothèse d'une différenciation géochimique fondamentale de la croûte, correspondant au concept de permanence métallogénique exprimé par P. Routhier.

Tyrwhitt D.S. (1993). - The changing face of Australia's gold mining business and the potential of the Pacific rim. *The AusIMM Bull.*, **85**, n° 5, pp. 42-48.

Cet article fait le point des productions et des ressources aurifères de l'Australie et des pays voisins du sud-est asiatique. L'Australie, dont la production est passée de 28 t à 239 t entre 1982 et 1992, occupe la 2ème place mondiale. Parmi les 25 gisements principaux, 17 sont situés dans l'Archéen et le Protérozoïque de l'Australie occidentale et ont fourni 106 t en 1991. La possibilité de traiter à moindre coût un minerai oxydé aisément exploitable en carrière a largement contribué à ce développement. La production australienne d'or devrait rester stable dans les prochaines années. Celle de la Papouasie - Nouvelle-Guinée, second producteur de la région, est fournie par les gisements de Misima (12 t), d'OK Tedi (11 t) et surtout de Porgera (46 t) qui devrait voir sa production baisser à 30 t dans les prochaines années. Lihir (1300 t d'or de

réserves) devrait entrer en production en 1995. La production de la PNG, actuellement de 73 t, devrait passer à 90-100 t en l'an 2000. Celle de l'Indonésie devrait évoluer de 44 t en 1992 à 78 t en l'an 2000, grâce aux gisements de Gunung Pongkor (6 Mt à 1,7 g/t Au), de Batu Hijau (335 Mt à 0,8% Cu et 0,69 g/t Au) et de Mesel (12,5 Mt à 5 g/t Au). Les gisements actuellement exploités sont Grasberg (20 t/an), Kelian (15 t/an), Lerokis (2 t/an) et Lebong Tandu (0,6 t/an). Une quarantaine de gisements porphyriques sont connus aux Philippines qui, par ailleurs, contiennent le plus grand nombre de gisements épithermaux de la région. La production (7,5 t) provient des mines de Baguio-Itogon, Paracale, Masbate, Surigao, des petites exploitations de Mindanao (9,3 t) et des mines de cuivre (8,7 t) d'Atlas, Dizon et Sipalay. La production des Philippines devrait se maintenir aux environs de 30 t/an dans les prochaines années. Celle de la Nouvelle-Zélande provient des gisements de Macraes dans la ceinture d'Ogro (3,5 t), de Golden Cross Mine (3 t) et de Wahihi (2,3 t) ; la stabilité de cette production semble assurée pour les années à venir. L'or de la Malaisie provient de l'exploitation du porphyre cuprifère de Mamut (2,4 t) et d'un petit gisement épithermal dans le Sarawak (0,6 t) ; cette production devrait atteindre 8 t en fin de siècle. L'environnement d'arc insulaire de Sabah et du Sarawak laisse espérer un potentiel important. Des gisements épithermaux et porphyriques en cours de prospection devraient assurer la production future des îles Fidji qui se limite actuellement à celle d'Emperor Mine (3 t).

Wyllie J.M. (1992). - Gold mining in China. *Eng. Min. J.*, **193**, n° 4, pp. 26-31.

La Chine exploite l'or depuis des siècles dans les provinces de Henan (mine de Yuxi), Heilongjiang, Hebei, Shanxi, Gansu, Sichuan et surtout Shandong, qui fournit 25% de la production nationale. De nouveaux gisements ont été récemment découverts dans les provinces de Xinjiang, Yunnan et Guizhou. Au total, 17 provinces sont réputées aurifères. L'interdiction en 1989 de l'exploitation privée a permis d'assainir l'industrie extractive, avec notamment la création d'une administration spéciale et un investissement de près de 800 M\$. Le taux de croissance de la production, qui n'est pas connu, a été ces dernières années de 11%. Pour certaines mines des chiffres partiels sont donnés dans l'article. La zone aurifère la plus importante se situe dans le nord-ouest de la péninsule du Shandong, avec la mine de Linglong, la plus grande, et celle de Jiaojia, la plus ancienne. La minéralisation, de type mésothermal, correspond à des disséminations de sulfures (5 à 10%) associées à la fracturation d'un granite altéré. Les zones minéralisées sont également très fracturées. Les teneurs du minerai sont de 5 g/t Au et 5 g/t Ag. Un important programme de développement est en cours à la mine de Xincheng, où la teneur est de 6 g/t. La nouvelle mine de Shanshando présente un corps minéralisé de 1 km sur 40 m de large maximum, mais avec une teneur de 2,9 g/t. La mine de Pingdu et de petites exploitations locales complètent le panorama minier de cette province.