MB 99-12

CADRE METALLOGENIQUE DES GISEMENTS DE SULFURES MASSIFS VOLCANOGENES ET FILONIENS AURIFERES DES CANTONS BOURLAMAQUE ET LOUVICOURT, PARTIE SUD DE LA SOUS-PROVINCE DE L'ABITIBI

Documents complémentaires

Additional Files





Licence



License

Cette première page a été ajoutée
au document et ne fait pas partie du
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources naturelles
Québec

Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources naturelles
Secteur des mines

Cadre métallogénique des gisements de sulfures massifs volcanogènes et filoniens aurifères des cantons Bourlamaque et Louvicourt, partie sud de la Sous-province de l'Abitibi

Cecilia L. Jenkins
Alex C. Brown
Département de Génie minéral,
École Polytechnique de Montréal

MB 99-12



1999

Québec

DOCUMENT PUBLIÉ PAR GÉOLOGIE QUÉBEC

Direction
Jean-Louis Caty

Responsable des études géologiques
Robert Marquis

accepté pour publication le 99/05/06

Lecture critique
Pierre Pilote

Édition
Jean-Pierre Lalonde

NOTE

Ce document est une reproduction fidèle du manuscrit soumis par l'auteur sauf pour une vérification et une mise en page sommaire destinées à assurer une qualité convenable de reproduction. Le manuscrit a cependant fait l'objet d'une lecture critique et de commentaires à l'auteur avant la remise de la version finale au ministère.

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec
© Gouvernement du Québec, 1999

RÉSUMÉ

Des modifications ont été apportées récemment aux modèles et aux concepts appliqués à la croûte archéenne tardive de la partie méridionale de la sous-Province de l'Abitibi. Ces modifications ont entraîné une révision globale de la compréhension de l'évolution tectono-stratigraphique du secteur comprenant les cantons Bourlamaque et Louvicourt, situés à l'est de Val-d'Or. Cette révision implique, à son tour, une réinterprétation de la genèse des gisements de métaux de base et aurifères du secteur.

Un modèle lithotectonique proposé pour la croûte abitibienne, laquelle est âgée de 2 750 à 2 700 Ma, suggère que dans le district de Val-d'Or, la suite lithotectonique observée pourrait être constituée de quatre domaines distincts. Ces domaines se seraient joints à la bordure sud du protocontinent abitibien avant ca. 2 705 Ma, soit l'âge du volcanisme qui a formé le domaine de Val-d'Or qui est superposé sur cette suite. Ce dernier domaine ainsi que l'intrusion de Bourlamaque, en apparence comagmatiques, se seraient formés dans un environnement tectonique en extension au sein des quatre domaines accolés antérieurement. Une telle distension crustale peut survenir, entre autres, à proximité d'une marge continentale dans les deux situations tectoniques suivantes: (1) lors de la subduction d'une dorsale océanique, et (2) lors de la formation d'un bassin marginal intracontinental. Le pluton de Bourlamaque aurait fourni la chaleur permettant la circulation des fluides hydrothermaux à l'origine des gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV) dans le secteur étudié, tout en contribuant potentiellement à la genèse de certains gîtes d'or.

Par la suite, la partie sud de la sous-Province de l'Abitibi aurait subi une déformation nord-sud entre 2 700 à au moins 2 688 Ma. Cet événement est probablement relié à la fermeture de l'océan entre les sous-Provinces de l'Abitibi et du Pontiac. La zone de suture de cette collision, représentée par la Zone Tectonique de Larder Lake-Cadillac, aurait permis aux fluides aurifères produits en profondeur par le dégazage du manteau et la formation de granulites (et probablement par le métamorphisme prograde marqué par le passage du faciès des schistes verts au faciès des amphibolites) d'être canalisés. Ces fluides seraient ensuite remontés vers la surface à travers un système hydrothermal constitué de failles et localisé dans la zone de transition entre les milieux ductile et cassant. En se basant sur cet modèle, il est possible de cerner le développement (temporel, tectonique, lithologique et géochimique) et l'évolution crustale de la partie méridionale de la ceinture de roches vertes de l'Abitibi. Ces deux principaux types de gisements pourraient être considérés, en fait, comme les sous-produits prévisibles de cette évolution tectono-stratigraphique.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ II

TABLE DES MATIÈRES III

LISTE DES FIGURES IV

LISTE DES TABLEAUX V

1 - INTRODUCTION ET CADRE DE L'ÉTUDE 1

2 - REMERCIEMENTS 1

3 - GÉOLOGIE RÉGIONALE 3

4 - GÉOLOGIE LOCALE 5

5 - ÉVOLUTION STRATIGRAPHIQUE ET STRUCTURALE DU SECTEUR DES CANTONS DE BOURLAMAQUE ET LOUVICOURT 6

6 - CADRE MÉTALLOGÉNIQUE POUR LES GISEMENTS DE SMV ARCHÉENS DANS LE SECTEUR DES CANTONS DE BOURLAMAQUE ET LOUVICOURT 12

7 - CADRE MÉTALLOGÉNIQUE POUR LES GISEMENTS OFM ARCHÉENS DANS LE SECTEUR DES CANTONS DE BOURLAMAQUE ET LOUVICOURT 15

8 - MODÈLES GÉNÉTIQUES POUR LES GISEMENTS OFM ARCHÉENS 20

9 - ANALOGUES PHANÉROZOÏQUES 21

10 - SOMMAIRE 23

11- DISCUSSION 26

12- CONCLUSIONS 29

RÉFÉRENCES 31

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Géologie simplifiée de la région de Val-d'Or (modifiée de Sharpe, 1968; de Sauvé et al.; 1986; et de Desrochers et al., 1993a et 1993b). Les positions des cantons de Bourlamaque et de Louvicourt sont indiquées.

Figure 2: Schéma de la géochronologie des sous-Provinces de l'Abitibi et du Pontiac (voir le texte pour les âges spécifiques et les références).

Figure 3: Diagrammes AFTiM (Jensen, 1976) et AFM (Irvine et Baragar, 1971) pour les coulées volcaniques du district de Val-d'Or. Triangles = Domaine de Val-d'Or; cercles = Domaine Sud + Domaine de Vassan; carrés = Domaine Sud + Domaine Central + Domaine de Vassan (données tirées de Jenkins, 1994). (FeO* = Fe total).

Figure 4: Bloc diagramme illustrant le Bloc Composite de Malartic. Les lignes épaisses représentent les frontières faillées entre les différents domaines, les lignes pointillées représentent les discordances et les lignes minces indiquent l'attitude des lithologies (modifié de Desrochers et al., 1993a et 1993b).

Figure 5: Modèle de formation du Bloc Composite de Malartic (partie ombragée = BCM). a: Collage progressif des plateaux océaniques (N = Domaine Nord, V = Domaine de Vassan, C = Domaine Central, S = Domaine Sud) au protocontinent du Supérieur avant 2 705 Ma. b: *"Back-stepping"* de la zone de subduction et subduction de la dorsale océanique provoquant le volcanisme calco-alcalin à 2 705 Ma (noir = Domaine de Val-d'Or) sur les plateaux agglomérés; BCM: Bloc Composite de Malartic (modifiée de Desrochers et al., 1993a et 1993b).

Figure 6: Coupe transversale schématique à travers le district de Val-d'Or illustrant les relations entre les cisaillements d'ordres différents. ZTLLC: Zone Tectonique Larder Lake-Cadillac. Modifiée de Robert et al. (1995).

Figure 7: Schéma du modèle de dégazage du manteau et de la granulitisation contribuant à former les gisements d'or filoniens archéens (modifié de Colvine et al., 1988).

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Analyses géochimiques représentatives des roches calco-alcalines et tholéiitiques provenant du secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt. Les éléments majeurs sont exprimés en pourcentage poids d'oxydes et ont été recalculés sous forme anhydre. Les analyses 3856-91, 3841-91 et 5659-92 sont tirées de Jenkins (1994) et l'analyse G1R30 de Girault (1986).

Tableau 2: Liste des principaux gisements de métaux de base du secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt, région de Val-d'Or (modifiée de Chartrand, 1991 et de Jenkins, 1994).

Tableau 3: Liste des principaux gisements d'or du secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt, région de Val-d'Or (modifiée de Jenkins, 1994).

Tableau 4: Caractéristiques des gisements d'or filoniens mésothermaux de la Cordillère canadienne (tirées de Nesbitt et Muehlenbachs, 1988).

1 - INTRODUCTION ET CADRE DE L'ÉTUDE

Le secteur des cantons de Bourlamaque-Louvicourt, région de Val-d'Or (Figure 1), est reconnu pour les gisements de sulfures massifs volcanogènes (SMV) et d'or filoniens mésothermaux (OFM) archéens (Dresser et Denis, 1951; Latulippe, 1966 et 1976; Daigneault, 1983; Daigneault et al., 1983; Imreh et Trudel, 1990; Franklin, 1990; Robert, 1990a et 1990b; Sauvé et al., 1993). La production des gisements de SMV de la région de Val-d'Or, en incluant les réserves, s'élève à près de 44 millions de tonnes pour un total de 740 000 tonnes de Cu et de 780 000 tonnes de zinc (Jenkins, 1994). L'exploitation aurifère de ce secteur, entre 1932 et 1994, a produit quelques 56 millions de tonnes de minerai à partir duquel 308 tonnes d'or ont été extraites.

L'intérêt suscité pour la géologie et la genèse des gîtes minéraux retrouvés dans ce secteur remonte au tout début de la prospection minière de celui-ci. Depuis les années '60, la compréhension de la métallogénie de la ceinture verte de l'Abitibi s'est considérablement précisée par l'élaboration de modèles métallogéniques pour les deux principaux types de gisements, soit les gisements de SMV (Oftendahl, 1958; Hutchinson, 1965; Spence et de Rosen-Spence, 1975) et OFM (Daigneault, 1983; Daigneault et al., 1983; Robert et Brown, 1986a, 1986b; Robert, 1989, 1990a, 1990b, 1994). Également, depuis la dernière décennie, nous assistons à une révolution parallèle dans notre conception du développement et de l'évolution crustale de l'Abitibi-Sud, hôte de ces deux types de gisements, et ce, particulièrement grâce aux profils de réflection sismiques et aux données géochimiques obtenus dans le cadre du projet Lithoprobe Abitibi-Grenville (voir, entre autres, Green et al., 1990; Jackson et al., 1990). Ainsi, cette contribution réexamine le cadre métallogénique de cette région, à la lumière des nouvelles connaissances du contexte géotectonique, où une attention particulière sera portée au secteur des cantons de Bourlamaque-Louvicourt, reconnu pour son potentiel minier exceptionnel.

Ce document s'inspire en grande partie des résultats de la thèse de doctorat réalisée par C.L. Jenkins à l'École Polytechnique de l'Université de Montréal entre 1989 et 1994. Le lecteur prendra note que les résultats des travaux réalisés depuis ce temps dans la région de Val-d'Or, et qui apportent un complément d'informations sur plusieurs points, ne sont pas incorporés ou signalés dans ce travail.

2 - REMERCIEMENTS

La base de ce travail est la thèse de doctorat réalisée par le premier auteur à l'École Polytechnique de l'Université de Montréal. Les fonds de cette recherche proviennent du Ministère

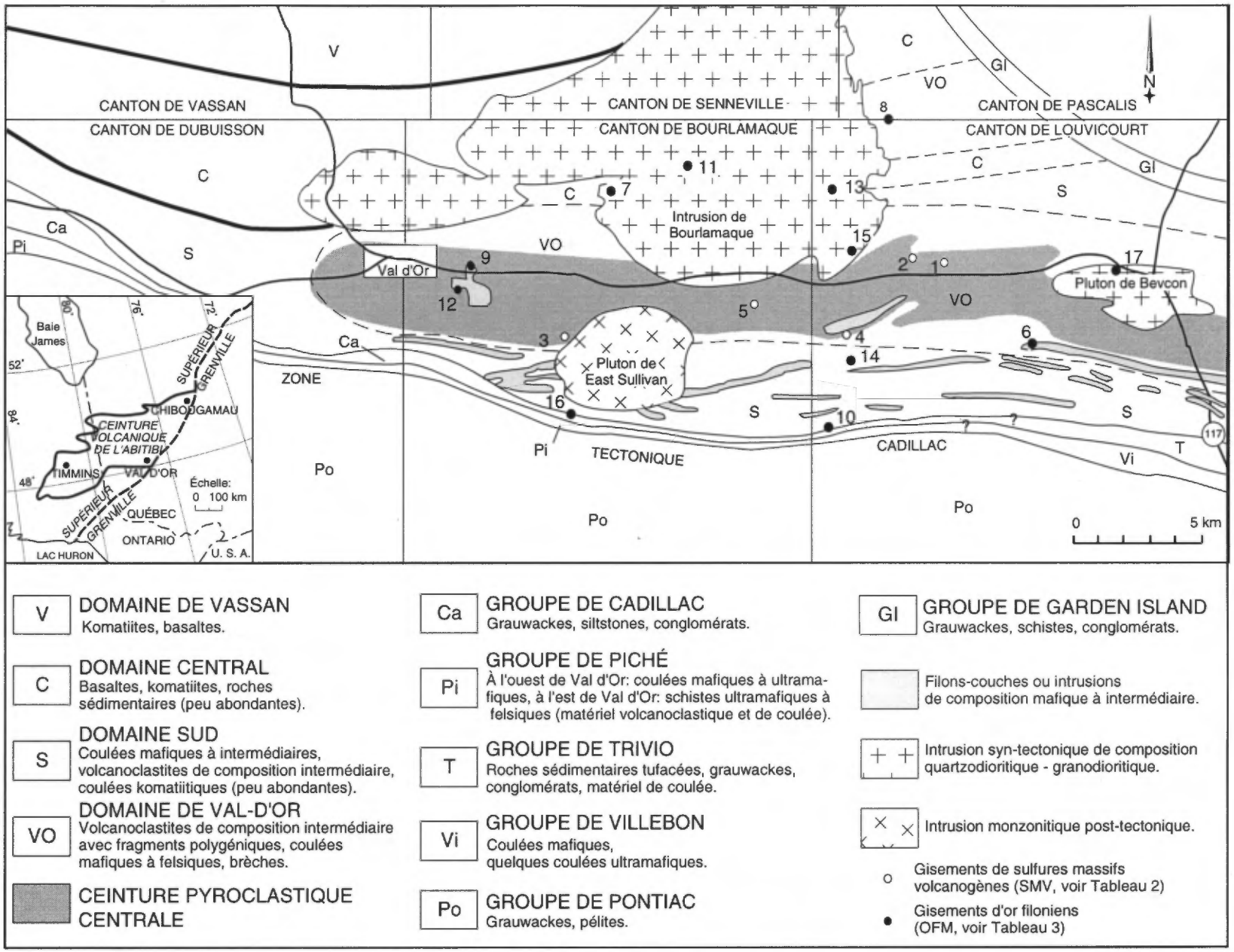


Figure 1: Géologie simplifiée de la région de Val-d'Or (modifiée de Sharpe, 1968; de Sauvé et al.; 1986; et de Desrochers et al., 1993a et 1993b).Les positions des cantons de Bourlamaque et de Louvicourt sont indiquées.

des Ressources naturelles du Québec (MRNQ), de la subvention stratégique STR0045303 du CRSNG et de la subvention d'opération OGP0007814 du CRSNG à A.C. Brown. C. L. Jenkins a profité des bourses d'études du CRSNG et du département de génie minéral de l'École Polytechnique en plus de la bourse Commémoration du 6 décembre 1989 de l'Union des professeurs de l'Université de Montréal. Nous remercions les compagnies minières Aur Resources inc., les Mines Aurizons ltée, Cambior inc., Barrick Gold (anciennement Minerais Lac ltée) et Placer Dome inc. pour avoir permis l'accès à leurs propriétés et à divers documents de nature confidentielle.

Nous tenons également à remercier Pierre Pilote, Francis Chartrand et Jean-Pierre Lalonde du MRNQ et John W. Lydon pour leurs discussions et critiques constructives. Nous remercions Pierre Bédard qui a dessiné les figures 1, 3, 4, 5, 6 et 7, Lawrence Aspler pour son assistance avec la figure 2 et Brigitte Dionne qui a traduit le manuscrit de l'anglais au français. Une mise en page sommaire du présent document a été réalisée par Pierre Pilote du MRNQ.

3 - GÉOLOGIE RÉGIONALE

La sous-Province de l'Abitibi est située à l'intérieur de la Province archéenne du Supérieur. Elle est constituée d'un assemblage de blocs en forme de losanges, composés de roches volcaniques et plutoniques crustales (Hubert, 1990). Ces blocs tectoniques sont séparés les uns des autres par d'étroites bandes rectilignes de roches sédimentaires clastiques. La limite sud de la ceinture de roches vertes de l'Abitibi, adjacente à la sous-Province métasédimentaire du Pontiac, est la Zone Tectonique Larder Lake-Cadillac (ZTLLC; Robert, 1989). Cette zone tectonique, bien connue pour son association avec la minéralisation aurifère, particulièrement du côté nord (Abitibi), correspond à un couloir de déformation majeur de 200 à 750 m de largeur. Il est issu d'une compression régionale nord-sud (Dimroth et al., 1983a; Hubert, 1990). Les pendages des lithologies et de la fabrique tectonique dans la partie méridionale de la sous-Province de l'Abitibi sont généralement modérés à sub-verticaux (45° à 90°). Cependant, des fabriques à faible pendage ont été observées à l'intérieur du Groupe de Blake River, dans le district minier de Rouyn-Noranda (Hubert et al., 1984).

Les datations radiométriques de haute précision ont largement contribué à améliorer notre compréhension de la géologie de l'Abitibi (Figure 2). Ainsi, les unités volcano-sédimentaires et les plutons synvolcaniques du nord de l'Abitibi ont des âges variant de 2 730 à 2 711 Ma, alors que les plutons syn-tectoniques sont âgés de 2 703 à 2 690 Ma (Chown et al., 1992). Dans la partie méridionale de l'Abitibi, les unités volcano-sédimentaires, ainsi que les intrusions syn-volcaniques

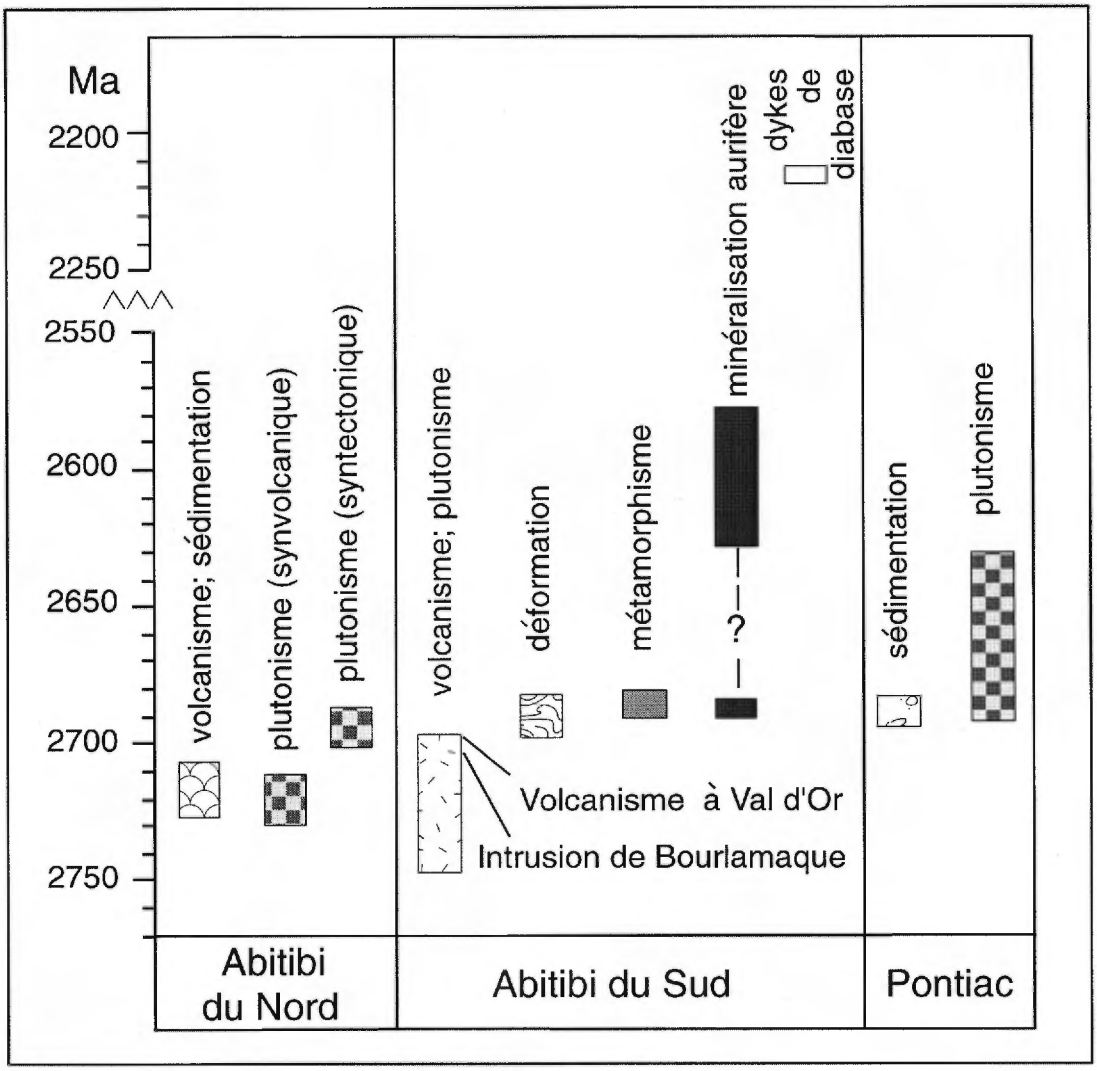


Figure 2: Schéma de la géochronologie des sous-Provinces de l'Abitibi et du Pontiac (voir le texte pour les âges spécifiques et les références).

péridotitiques à dioritiques-tonalitiques, ont des âges variant entre 2 750 et 2 700 Ma. Toutefois, la majorité de ces assemblages sont plus jeunes que 2 720 Ma (Corfu et al., 1989). Ces âges contrastent avec ceux des roches de la partie sud de l'Abitibi où les plutons synvolcaniques sont âgés de ~2 700 Ma. Ces relations confirment "le rajeunissement" nord-sud de la sous-Province de l'Abitibi, une observation soulignée par Chown et al. (1992).

Le plissement régional dans le sud de l'Abitibi serait survenu sur une période s'étendant de 2 700 Ma à au moins 2 686 Ma (Couture et al., 1994) alors que pour le métamorphisme régional au faciès des schistes verts, la période s'échelonnerait de 2 693 ± 11 Ma à 2 684 ±7 Ma (Wong et al., 1991; Hanes et al., 1992). Des dykes tholéiitiques orientés NE-SW et d'âge protérozoïque inférieur traversent toutes les lithologies. L'essaim de dykes trouvé dans le secteur de Senneterre, au nord-est de Val-d'Or, a été daté à 2 214,3 Ma ± 12,4 Ma (méthode U-Pb, baddeleyite; Buchan et al., 1993).

Plus au sud, la sous-Province métasédimentaire du Pontiac comporte une séquence basale de roches volcaniques komatiitiques à basaltiques exposée localement (Dimroth et al., 1982) et sur laquelle s'est déposée une séquence épaisse (entre 2 200 m (Holubec, 1972) et 1 000 m (Dimroth et al., 1982)) de grauwackes et d'argilites comportant de rares unités de conglomérats et de formations de fer. Dimroth et al. (1982) suggèrent que ces roches sédimentaires correspondent à des dépôts distaux de turbidites, typiques des cônes de déjection sous-marins. La sédimentation s'est produite entre 2 695 et 2 686 Ma (Davis, 1991) alors que les intrusions tardi- à post-cinématiques des parties centre et sud de la sous-province se sont généralement mises en place entre 2 694 et 2 645 Ma, la plus jeune intrusion étant datée à ca. 2 632 Ma (Machado et al., 1991; Feng et Kerrich, 1992).

Les roches du Pontiac ont été affectées par un métamorphisme dynamique au faciès des schistes verts auquel est venu se superposer un métamorphisme essentiellement thermique. Ce second événement a eu pour effet d'augmenter le grade du métamorphisme du faciès des schistes verts au faciès des amphibolites, en allant de la ZTLLC vers le sud (Jolly, 1978; Imreh, 1984). Les intrusions tardi- à post-cinématiques sont dépourvues d'auréoles métamorphiques, vraisemblablement parce que les roches encaissantes étaient déjà métamorphisées au faciès des amphibolites (Larouche, 1979) au moment de la mise en place de ces intrusions.

4 - GÉOLOGIE LOCALE

Localisé dans la partie méridionale de la sous-Province de l'Abitibi, le secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt est composé principalement de roches volcaniques d'affinité calco-

alcaline dont la composition varie de mafique à felsique avec de faibles quantités de roches volcaniques mafiques d'affinité tholéiitique (Tableau 1; Figure 3). Une unité volcanique felsique a été datée à 2 705 ± 1 Ma par la méthode U-Pb appliquée aux zircons (Wong et al., 1991). A l'est de Val-d'Or, les roches mafiques et ultramafiques d'affinités tholéiitique et komatiitique sont prédominantes (Tableau 1; Figure 3). L'intrusion dioritique de Bourlamaque a une affinité calco-alcaline (Campiglio, 1977; Tanner et Trudel, 1989), elle recoupe une grande partie de la succession volcanique de ce secteur. Cette intrusion est considérée comme étant prétectonique. Elle ne comporte qu'une faible auréole métamorphique et contient une foliation régionale peu développée. L'âge de l'intrusion de Bourlamaque est défini comme étant de 2 700 ± 1 Ma (méthode U-Pb, zircon; Wong et al., 1991).

Sharpe (1968) a défini dans la région de Val-d'Or la "Ceinture Pyroclastique Centrale" (CPC). Cette ceinture, correspondant en gros au Domaine de Val-d'Or (Figure 1), consiste en une bande de roches volcanoclastiques calco-alcalines. Elle est caractérisée par des lentilles et des couches de roches pyroclastiques interstratifiées avec des roches effusives. En général, la proportion des roches pyroclastiques par rapport aux roches effusives augmente au fur et à mesure que la composition devient plus felsique. Les brèches tufacées polygéniques, les tufs à lapilis et les tufs à cristaux (feldspath et quartz) constituent l'essentiel du matériel pyroclastique. Plus rarement, on y rencontre des tufs à cendres et des tufs cherteux à pyrite interlités avec des coulées volcaniques et des roches pyroclastiques à grain plus grossier, ces dernières marquant généralement la fin du volcanisme. La plupart des gisements de sulfures massifs ont été décelés le long de ces horizons cherteux et tufacés, d'ailleurs interprétés comme étant des exhalites. Tous ces horizons marqueurs sont confinés à la CPC.

5 - ÉVOLUTION STRATIGRAPHIQUE ET STRUCTURALE DU SECTEUR DES CANTONS DE BOURLAMAQUE ET LOUVICOURT

La façon de concevoir la géologie de la région de Val-d'Or a considérablement évolué au cours des années. Cette évolution a eu d'importantes conséquences sur l'interprétation du contexte métallogénique des gisements de SMV et d'OFM. La première étude stratigraphique et structurale englobant cette région a été réalisée par Gunning et Ambrose (1940). Selon ces auteurs, la structure majeure dans le secteur de Malartic - Val-d'Or consistait en un synclinal, connu sous le nom de Synclinal de Malartic. Norman (1941, 1942, 1943a, 1943b) rejeta cette interprétation en alléguant que les corrélations stratigraphiques étaient probablement impossibles à établir en raison des complexités structurales. Latulippe (1966, 1976) a retenu le concept de structure synclinale régionale en démontrant que le synclinal n'était pas symétrique et en proposant des nouvelles

	3856-91 Domaine de Val-d'Or Coulée mafique Calco-alcaline	3841-91 Domaine de Val-d'Or Coulée felsique Calco-alcaline	5659-92 Domaine de Val-d'Or Intrusion de Bourlamaque Calco-alcaline	GIR30 Domaine Sud Coulée mafique Tholéiitique
SiO_2	64,75	76,04	60,76	58,22
TiO_2	1,29	0,54	0,75	0,89
Al_2O_3	14,66	12,98	17,98	17,33
Fe_2O_3	8,40	0,66	6,82	8,66
MnO	0,06	0,02	0,10	0,20
MgO	3,30	0,19	2,90	5,24
CaO	1,17	2,97	5,84	4,50
Na_2O	5,40	5,65	3,99	4,78
K_2O	0,66	0,86	0,59	0,02
P_2O_5	0,30	0,11	0,26	0,15
CO_2	1,29	2,37	1,92	N.D.
PAF	2,99	2,71	3,93	N.D.
S	<0,01	0,02	<0,01	N.D.
Zr/Y	6,2	10,8	7,9	3,2
(La/Sm)N*	1,8	1,8	2,1	N.D.
(La/Yb)N*	4,7	4,3	5,3	N.D.
(Sm/Yb)N*	2,6	2,3	2,5	N.D.

N.D.: Pas analysé.
* Valeurs normalisées sur les valeurs du standard de chondrite C1, tirées de Sun et McDonough (1989).
PAF: Perte au feu

Tableau 1: Analyses géochimiques représentatives des roches calco-alcalines et tholéiitiques provenant du secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt. Les éléments majeurs sont exprimés en pourcentage poids d'oxydes et ont été recalculés sous forme anhydre. Les analyses 3856-91, 3841-91 et 5659-92 sont tirées de Jenkins (1994) et l'analyse G1R30 de Girault (1986).

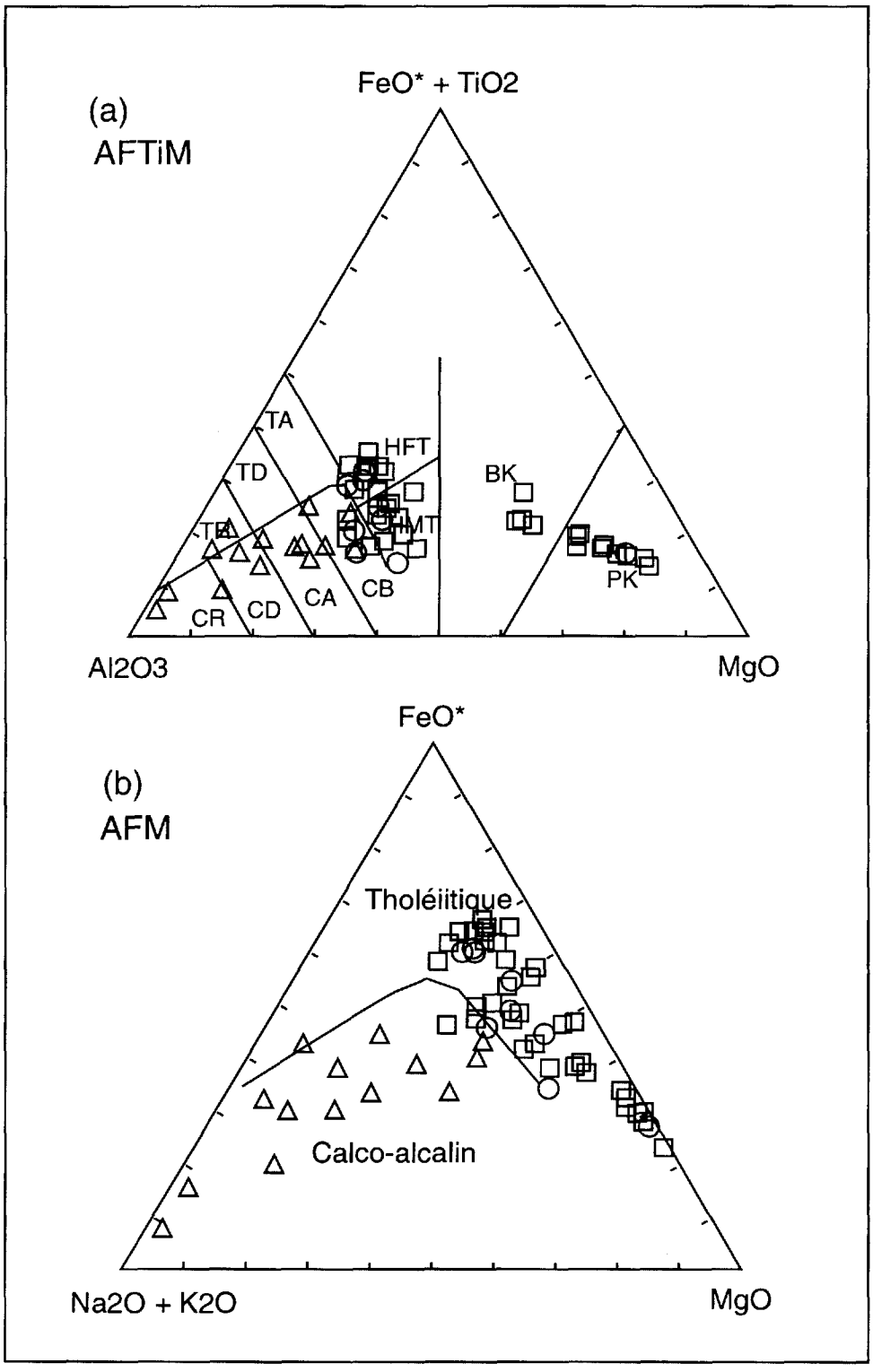


Figure 3: Diagrammes AFTiM (Jensen, 1976) et AFM (Irvine et Baragar, 1971) pour les coulées volcaniques du district de Val-d'Or. Triangles = Domaine de Val-d'Or; cercles = Domaine Sud + Domaine de Vassan; carrés = Domaine Sud + Domaine Central + Domaine de Vassan (données tirées de Jenkins, 1994). (FeO* = Fe total)

corrélations entre les unités stratigraphiques des flancs nord et sud du pli.

Plus récemment, Imreh (1984 et 1990) proposa une nouvelle interprétation lithostratigraphique et structurale pour le secteur de Malartic - Val-d'Or. Cette interprétation invoque l'existence d'un pli orienté est-ouest, l'anticlinal de La Motte-Vassan, dont le flanc sud est composé des principales lithologies définies par Gunning et Ambrose (1940). Ces lithologies sont subdivisées par Imreh (1984 et 1990) dans les formations suivantes: La Motte-Vassan, Dubuisson, Jacola, Val-d'Or et Héva. Cet essai de corrélation lithostratigraphique a permis à Imreh (1976, 1984 et 1990) ainsi qu'à d'autres chercheurs (Dimroth et al., 1982, 1983a, 1983b) de proposer un modèle d'évolution géotectonique pour cette région, en appliquant les concepts tectoniques empruntés aux terrains phanérozoïques. De façon sommaire, ce modèle suggère que l'empilement volcanique dans le district de Val-d'Or est issu d'un volcanisme sous-marin de type plaine (tholéiitique et komatiitique) sur lequel est venu se superposer un volcanisme de type arc insulaire (calco-alcalin) représentatif de complexes centraux et de nature plus explosive.

Plusieurs travaux ont remis en question l'interprétation stratigraphique et structurale proposée par Imreh (1976, 1984 et 1990). Selon Babineau (1985) et plus récemment Desrochers et al. (1993a et 1993b), les corrélations stratigraphiques directes s'avèrent difficiles, sinon impossibles, entre les différentes formations ou *"bloc tectoniques"* présumés puisque ceux-ci sont apparemment distincts et délimités par des failles et ce, à travers tout le sud de l'Abitibi. Dans cet ordre d'idée, les concepts de grandes structures régionales, telles le synclinal de Malartic ou l'anticlinal de La Motte-Vassan, pourraient être remplacés par un modèle d'accrétion de multiples blocs tectoniques exotiques de croûte océanique archéenne (Ludden et al., 1986; Desrochers et al., 1993a et 1993b). En appliquant ce modèle à une échelle plus régionale, Desrochers et al. (1993a et 1993b) ont suggérer de subdiviser le Groupe de Malartic, un nom emprunté de la nomenclature de Gunning et Ambrose (1940) et de Latulippe (1966, 1976), en cinq domaines tectono-stratigraphiques: le Domaine Nord, le Domaine de Vassan, le Domaine Central, le Domaine Sud et le Domaine de Val-d'Or (voir les Figures 1, 4). Ces domaines constituent ensemble le Bloc Composite de Malartic ou BCM (Desrochers et al.,1993a et 1993b; Figure 5). C'est cette dernière interprétation et cette nomenclature qui sont employées dans ce rapport.

Selon Desrochers et al. (1993a), le Domaine Nord, le Domaine de Vassan, le Domaine Central et le Domaine Sud ont été affectés par deux événements tectoniques, D_1 et D_2. Ces domaines représentent des fragments allochtones accollés de croûte océanique d'affinités tholéiitique et komatiitique (Figure 3), entre lesquels les corrélations stratigraphiques s'avèrent difficiles en raison de la nature faillée de leurs frontières (Figure 4). Par contre, le Domaine de Val-

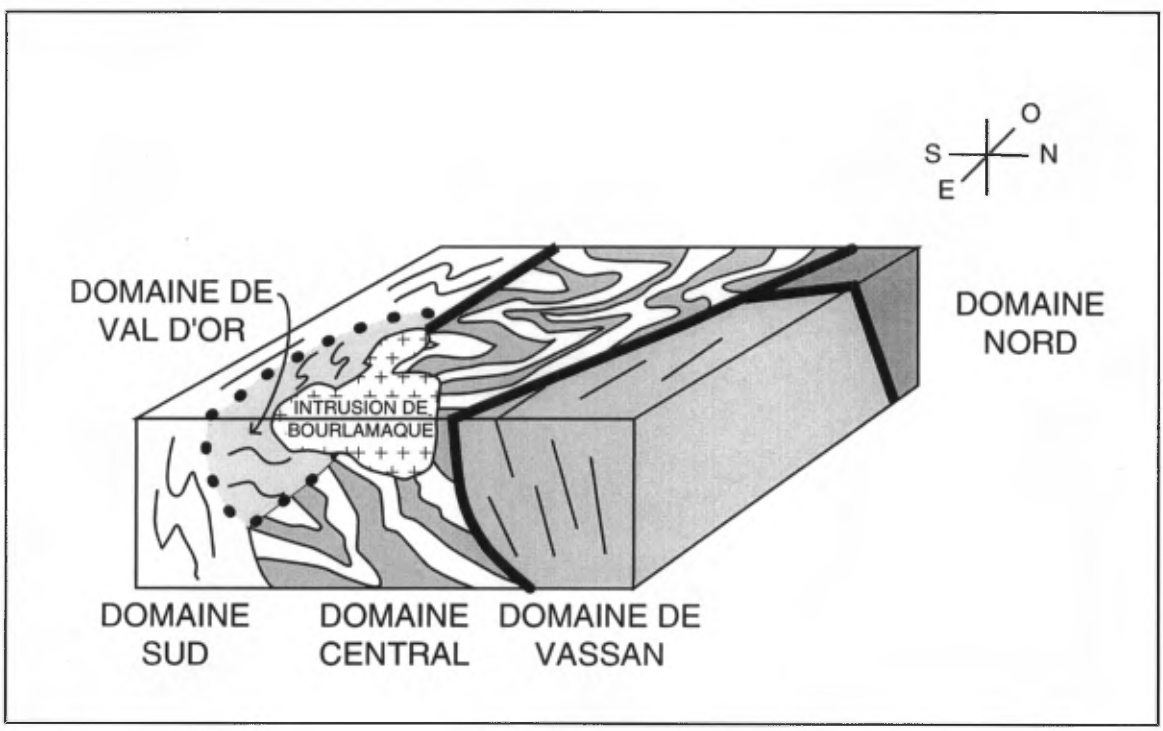


Figure 4: Bloc diagramme illustrant le Bloc Composite de Malartic. Les lignes épaisses représentent les frontières faillées entre les différents domaines, les lignes pointillées représentent les discordances et les lignes minces indiquent l'attitude des lithologies (modifié de Desrochers et al., 1993a et 1993b).

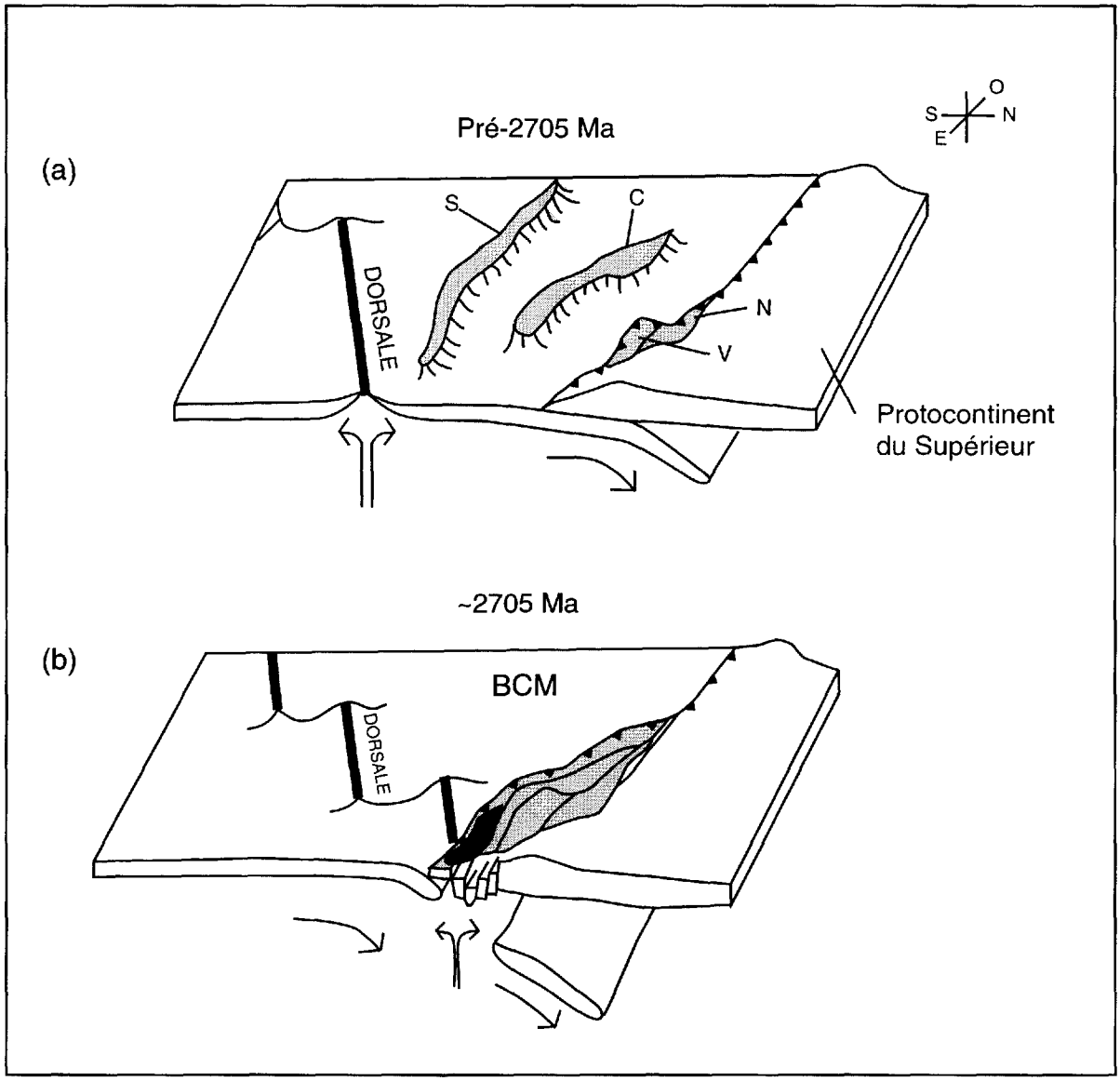


Figure 5: Modèle de formation du Bloc Composite de Malartic (partie ombragée = BCM). a: Collage progressif des plateaux océaniques (N = Domaine Nord, V = Domaine de Vassan, C = Domaine Central, S = Domaine Sud) au protocontinent du Supérieur avant 2 705 Ma. b: *"Back-stepping"* de la zone de subduction et subduction de la dorsale océanique provoquant le volcanisme calco-alcalin à 2 705 Ma (noir = Domaine de Val-d'Or) sur les plateaux agglomérés; BCM: Bloc Composite de Malartic (modifiée de Desrochers et al., 1993a et 1993b).

d'Or, composé de roches calco-alcalines, aurait été affecté seulement par la déformation D_2 et il serait ainsi plus jeune que les quatre autres domaines. Ce domaine résulterait d'un volcanisme calco-alcalin relié à une distension crustale au sein des quatre domaines agglomérés antérieurement et ceci, suite à la subduction d'une dorsale océanique sous le BCM (Figure 5). Ce scénario est analogue aux modèles phanérozoïques utilisés pour interpréter certaines parties de la côte ouest de l'Amérique du Nord où plusieurs complexes volcaniques reliés à une distension crustale semblent avoir été édifiés sur des domaines exotiques préalablement accolés au continent (Skulski et al., 1991; Babcock et al., 1992).

6 - CADRE MÉTALLOGÉNIQUE POUR LES GISEMENTS DE SMV ARCHÉENS DANS LE SECTEUR DES CANTONS DE BOURLAMAQUE ET LOUVICOURT

Le secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt contient cinq gisements de SMV d'importance (Tableau 2; Figure 1). Ceux-ci s'apparentent aux gisements de SMV du sous-type Mattabi plutôt qu'au sous-type Noranda (Morton et Franklin, 1987; Morton et al., 1991). Ils ont, par conséquent, comme principales caractéristiques: (1) une abondance de roches encaissantes volcanoclastiques felsiques (un trait bien démontré pour la Ceinture Pyroclastique Centrale, Sharpe, 1968); (2) des cheminées d'altération relativement étendues aux contacts peu définis; (3) d'importantes zones d'altération bien développées et semi-concordantes à la stratigraphie; et (4) présence de carbonate de fer et/ou de chloritoïde dans les zones d'altération (Jenkins, 1994).

Le modèle de la cellule de convection hydrothermale (voir, entre autres, Lydon, 1988) est favorisé pour expliquer la formation des gisements de sulfures massifs anciens et récents. Ce modèle est basé principalement sur les observations recueillies sur l'activité hydrothermale liée au volcanisme sous-marin actuel et sur les données géochimiques et isotopiques provenant des gisements de SMV anciens. Toutefois, selon Lydon (1988), il peut être hasardeux d'expliquer la formation de tous les gisements de SMV à l'aide d'un seul modèle; ce ne sont pas tous les gisements de Cu-Zn qui peuvent être classés sans ambiguïté comme étant de sous-type Noranda ou Mattabi. D'autres possibilités, tels que le modèle magmatique hydrothermal (Urabe et Sato, 1978; Henley et Thornley, 1979; Sawkins, 1982, 1986; Stanton 1991; Urabe et Marumo, 1991) ou le modèle *"d'aquifère stratifié"* (Franklin, et al., 1981; Franklin, 1990), ont leur mérite pour décrire et expliquer la genèse de certains gisements de SMV.

Néanmoins, le modèle de la cellule de convection hydrothermale offre le meilleur scénario pour tenir compte des principales caractéristiques des gisements de SMV découverts dans la ceinture de roches vertes de l'Abitibi. La modélisation suggère que les gisements de SMV anciens

MINES	LOUVICOURT	LOUVEM	EAST SULLIVAN	DUNRAINE	MANITOU-BARVUE
Statut	Producteur actuel	Ancien producteur	Ancien producteur	Ancien producteur	Ancien producteur
Numéro sur la Figure 1	1	2	3	4	5
Dimension (Tm)[1]	15 730 000	1 599 000	14 952 000	255 000	11 222 000
Cu[2] (t x 1000)	5343	18	141	4	33
Zn[2] (t x 1000)	3453	60	73	0	300
Au[2] (kg)	14 1303	1 170	3 683	46	9 265
Ag[2] (kg)	486 700	31 375	119 000	887	1 104
Roches hôtes	Tuf felsique à lapilis et à cendre, chert exhalatif, hyaloclastite et brèches felsiques	Volcanoclastites de grain fin à grossier	Tuf felsique à lapilis et tuf	Tuf felsique, brèche tufacée et brèche de coulée	Tuf rhyolitique
Morphologie	Plusieurs lentilles tabulaires de sulfures massifs et semi-massifs; zones de stockwerk de Cu sous-jacentes	Plusieurs lentilles tabulaires de sulfures massifs à semi-massifs; quelques zones de stockwerk de Cu	16 lentilles massives et semi-massives et accumulations de veinules de sulfures	Plusieurs zones semi-massives et de veinules.	Zone cylindrique de stockwerk de Cu parallèle à la stratigraphie; zone stratiforme de Zn comprenant plusieurs lentilles de sulfures massifs
Nature de la minéralisation et zonation[4]	Py-Cpy-Sp prédominent, ratio Cu/Zn décroît vers le haut et vers l'extérieur; riche en Au	Py-Po-Sp-Cpy prédominent; gisement zoné Cu/Zn dans son ensemble	Cpy-Po prédominent dans la partie centrale de la zone minéralisée; Py-Sp prédominent en périphérie	Py-Cpy prédominent	Py-Sp-Cpy prédominent avec parfois du Grt; gisement zoné dans son ensemble
Altérations[4]	Chloritisation-Mg intense avec stockwerk de sulfures; séricitisation, carbonatation-Fe et silicification; parfois Cld et Grt	Chloritisation-Mg des zones de stockwerk de Cu; séricitisation, carbonatation et silicification; Cld en faible quantité dans tuf à cendres	Chloritisation des gîtes de Cpy-Po, séritisation des gîtes Sp-Py; silicification, Cld commun; parfois Grt	Chloritisation prédominante	Chloritisation-Mg dans la zone de stockwerk de Cu; séritisation et silicification avec minéralisation de Zn, parfois carbonatation-Fe
Références	Bubar et al. (1989); Mannard et Bubar (1991); The Northern Miner (1994)	Raymond (1983); Spitz et Darling (1973)	Assad (1958)	Latulippe (1976)	Robert (1980)

1 - Tm: million de tonnes métriques; valeurs tirées de Couture et al. (1994) à l'exception du gisement de Louvicourt. **2** - Valeurs tirées de Couture (1991).
3 - Données basées sur les réserves et tirées du journal The Northern Miner (1994). **4** - Py: pyrite; Cpy: chalcopyrite; Sp: Sphalérite; Po: Pyrrhotine; Gn: galène; Mag: magnétite; Cld: chloritoïde; Grt: grenat.

Tableau 2: Liste des principaux gisements de métaux de base du secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt, région de Val-d'Or (modifiée de Chartrand, 1991 et de Jenkins, 1994).

se sont formés dans des environnements tectoniques d'arc insulaire ou de bassin marginal et qu'ils sont associés en partie au volcanisme felsique (Solomon, 1976; Franklin et al., 1981; Franklin, 1990). D'ailleurs, des accumulations récentes de sulfures dans des environnements de bassins marginaux et de rifts sont bien documentées pour un certain nombre de sites, où la minéralisation est associée à des volcanites felsiques (Binns et Scott, 1993; Binns et al., 1993; Fouquet et al., 1993; Halbach et al., 1993).

Le modèle géotectonique de Desrochers et al. (1993b), lequel promouvoit l'accrétion et la superposition de domaines structuraux dans le secteur de Val-d'Or, fournit un cadre tectonique hypothétique et plausible pour l'emplacement des gisements de SMV de ce secteur. Des travaux géochronologiques et des campagnes de cartographie détaillée seront toutefois nécessaires pour valider ou pas ce modèle. Dans le cadre de ce travail, le modèle du BCM (Desrochers et al., 1993b) est retenu et ses diverses implications métallogéniques seront abordées et discutées. Ce modèle géotectonique préconise la subduction d'une dorsale océanique encore active sous le BCM, après l'accrétion de ce dernier à la bordure sud du protocontinent du Supérieur. Suivent ensuite le volcanisme comagmatique à dominance felsique du Domaine de Val-d'Or (Figures 5a et 5b) et l'emplacement subséquent, dans la croûte supérieure, de l'intrusion calco-alcaline de Bourlamaque. Selon ce modèle, la dorsale ayant subi la subduction conserve ses propriétés thermiques et provoque la fusion d'une portion de la plaque océanique enfoncée et du BCM, ce qui se traduit par la mise en place, en discordance, du Domaine de Val-d'Or sur le BCM et de l'intrusion de Bourlamaque.

Toutefois, si les roches du domaine de Val-d'Or se sont formées uniquement par la subduction de la croûte océanique sous le BCM, ce dernier étant déjà soudé au protocontinent du Supérieur, nous suggérons que des zones locales en distension devaient aussi exister, malgré un régime essentiellement en compression. Cette situation s'apparente à celle invoquée dans le rift avorté pour les gisements de sulfures massifs de type Kuroko situés dans la *"Ceinture de Roches Vertes Tufacées"* (Cathles et al., 1983). Cette situation s'apparente également aux premiers stades de formation d'un bassin marginal intracontinental (Halbach et al., 1993). En fait un environnement d'arc insulaire, en accord avec le modèle général pour la formation des gisements de SMV, a été invoqué pour expliquer la formation de l'intrusion de Bourlamaque et les unités volcaniques cogénétiques du Domaine de Val-d'Or (Burrows et Spooner, 1989), .

Aucune trace directe, comme la présence de structures d'effondrement (failles normales) ou de sédiments de talus, pouvant servir de preuve pour la présence d'un environnement de rift, n'a encore été observée sur le terrain. Une casue possible pour expliquer cette lacune pourrait

probablement être la déformation intense localement observée dans la CPC. Néanmoins, certaines caractéristiques du Domaine de Val-d'Or permettent de suggérer l'existence d'un tel environnement: (1) la nature principalement calco-alcaline du Domaine de Val-d'Or qui repose hypothétiquement en discordance sur les domaines tholéiitiques et komatiitiques du BCM (telle que suggérée par Desrochers et al., 1993a et 1993b); (2) la restriction au Domaine de Val-d'Or de l'ensemble des gisements de SMV décelés dans la partie Est du camp minier de Val-d'Or; et (3) la restriction des roches peralumineuses caractéristiques des gisements de SMV archéens au Domaine de Val-d'Or, suggérant ainis que ces roches se sont formées dans un contexte géotectonique propice à la formation des gisements de SMV.

7 - CADRE MÉTALLOGÉNIQUE POUR LES GISEMENTS OFM ARCHÉENS DANS LE SECTEUR DES CANTONS DE BOURLAMAQUE ET LOUVICOURT

Le Tableau 3 présente une liste des principaux gisements OFM découverts dans le secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt. La localisation de chacun de ces gisements apparaît à la Figure 1. En plus des 12 gisements d'or mentionnés, 37 gîtes aurifères d'importance ont été répertoriés (Bellemare et Germain, 1987). Tous les gisements sont syn- à tardi-tectoniques et sont de nature filonienne, à l'exception du gisement hypothétiquement synvolcanique d'Akasaba (Sauvé, 1985; Lebel, 1987).

Dans le secteur étudié, la minéralisation aurifère s'observe surtout dans les zones de cisaillement sous forme de veines mésothermales, de disséminations ou encore en remplacement du quartz et des carbonates. Elle est moins abondante dans les veines associées aux fractures d'extension reliées au cisaillement, aux zones de stockwerk et aux brèches. À l'échelle régionale, les gisements aurifères sont spatialement associés à des structures profondes de premier ordre (Eisenlohr et al., 1989; Poulsen et Robert, 1989; Robert, 1990) comme la ZTLLC. À l'échelle des gisements, la minéralisation aurifère est intimement associée aux structures locales de deuxième ordre alors qu'à l'intérieur du gisement, l'or se retrouve typiquement dans un réseau de veines de troisième ordre (Figure 6; Poulsen et Robert, 1989; Robert, 1990a et 1990b). Les gisements d'or se situent communément à l'intérieur, ou sont associés spatialement à, de petites intrusions felsiques porphyriques (Hodgson et MacGeehan, 1982; Burrows et Spooner, 1989).

Les veines minéralisées en or sont composées essentiellement de quartz avec des quantités variables de pyrite, d' arsénopyrite, de carbonates, de tourmaline, d'albite, de chlorite, de scheelite, de tellurures et d'or natif. Dans la partie est du secteur de Val-d'Or, les veines aurifères contiennent davantage de tourmaline (Daigneault, 1983; Daigneault et al., 1983; Ludden et al., 1984) et forment

MINES	SIGMA-2	DUMONT	L.C. BÉLIVEAU	SIGMA	AKASABA	FERDERBER
Statut	Producteur actuel	Ancien producteur	Ancien producteur	Producteur actuel	Ancien producteur	Ancien producteur
Numéro de site sur la Figure 1	6	7	8	9	10	11
Dimension (Tm)[1]	541 893	1 323 136	1 764 805	22 370 226	262 511	866
Au (kg)[2]	1 931	7 540	5 485	125 893	1 236	5,699
Roches hôtes	Partie supérieure felsique (granophyre) d'un filon-couche gabbroïque différencié.	Intrusion de diorite-diorite quartzifère de Bourlamaque.	Dykes de diorite.	Coulées andésitiques, diorite porphyrique, dykes porphyriques feldspathiques.	Tuf mafique à lapilis.	Intrusion de diorite-diorite quartzifère de Bourlamaque.
Morphologie[3]	Lentilles de quartz sub-horizontales avec blanchiment des épontes.	Veines aurifères discontinues de Qtz-Tur-Carb-phylosilicates dans zone de cisaillement.	Système de veines de Qtz-Tur-Py-Au en échelons.	Veines sub-horizontales et verticales de Qtz-Tur-Carb-Chl; veines de dyke.	Au et Po disséminés dans partie inférieure du tuf, formant deux grosses lentilles; quelques veinules aurifères de Qtz-Ep coupent le gisement et le basalte sous-jacent.	Lentilles de Qtz-Tur-Py-micas à l'intérieur d'une zone de cisaillement d'orientation E-W.
Nature de la minéralisation[3]	Qtz-Tur±Cb-Py-Po±Cpy-Au dans lentilles; Asp dans épontes blanchies. Au associé avec Py et Asp, retrouvé en inclusion et dans veinules coupant les grains de sulfures.	Py-Cpy-Au. Au est intimement associé avec Py; teneur plus élevée lorsque Cpy est également présente.	Py-Cpy-Po-Au-Te; Au est intimement associé avec Py et Cpy.	Py-Po-Sh-Au..	Po-Py-Cpy-Mag-Au.	Py-Cpy-Au. Au est plus commun avec Py quand Cpy est abondant; Au est généralement en contact avec Py et Cpy aux jonctions triples des grains.
Altérations[3]	Sériciteisation, albitisation, silicification et faible carbonatation	Silicification et carbonatation	Carbonatation	Cryptique: addition de mica blanc, calcite et apatite et destruction de l'épidote; Visible: addition de paragonite, Qtz, calcite et Tur.	Epidotisation et biotitisation	Sériciteisation, chloritisation, carbonatation et faibles quantités d'hématite
Références	Hébert et al. (1991); Couture et al.(1994); Rapports des géologues résidents (1991-1994)	Belkabir (1990); Couture et al. (1994); Rapports des géologues résidents (1991-1993)	Lacroix (1986); Couture et al. (1994); Rapports des géologues résidents (1991-1993)	Robert et Brown (1984); Robert et Brown (1986b); Couture et al. (1994); Rapports des géologues résidents (1991-1994)	Sauvé (1985); Lebel (1987)	Vu (1990); Couture et al. (1994); Rapports des géologues résidents (1991-1993)

1 - Tonnes métriques. 2 - Valeurs tirées de Couture et al. (1994) et des Rapports des géolgues résidents (1993, 1994, 1995). 3 . Qtz: quartz; Tur: tourmaline; Cb: carbonate; Chl: chlorite; Ep: épidote; Sh: scheelite; Py: pyrite; Cpy: chalcopyrite; Asp: arsénopyrite; Sp: sphalérite; Po: pyrrhotine; Te: tellures; Bi: minéraux du bismuth; Gn: galène; Mag: magnétite; Au: or.

Tableau 3: Liste des principaux gisements d'or du secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt, région de Val-d'Or (modifiée de Jenkins, 1994).

MINES	LAMAQUE	BUSSIERES	SIMKAR	D'OR VAL	ORENADA #4	BEVCON
Statut	Producteur actuel	Ancien producteur	Ancien producteur	Ancien producteur	Ancien producteur	Ancien producteur
Numéro de site sur la Figure 1	12	13	14	15	16	17
Dimension (Tm) [1]	23 803 000	225 000	308 000	132 000	19 000	3 170 000
Au (kg)[2]	141 389	1 296	1 605	320	25	12 671
Roches hôtes	Plutons de diorite et granodiorite	Intrusion de diorite-diorite quartzifère de Bourlamaque	Dyke de diorite recoupé par plusieurs dykes porphyriques	Intrusion de diorite et diorite quartzifère de Bourlamaque	Lave mafique fracturée et brèchique, schistes à chlorite, diorite fracturée et roches volcaniques mafiques et felsiques	Pluton granodioritique de Bevcon ainsi qu'une lentille minéralisée dans les roches volcaniques
Morphologie[3]	Veines et veinules de Qtz-Tur-Cb	Veine quartzifère de deux mètres d'épaisseur	Zone discontinue de veines de Qtz-Tur de 488 m de longueur et suivant une zone de cisaillement	Plusieurs veines de Qtz-Tur	Gisement composé de plusieurs zones; minéralisation disséminée et filonienne	Petites veines lenticulaires de Qtz-Cb-Tur abondantes
Nature de la minéralogie[3]	Py-Sh-Cpy-Gn-Sp-Bi-Au dissiminés dans les veines et veinules	Py-Cpy-Au-Ag disséminés dans les veines de Qtz	Py-Po-Cpy-Sp-Sh-Au disséminés dans les veines de Qtz	Py-Cpy-Au-Ag-Te disséminés dans les veines de Qtz	Asp-Cpy-Py-Mag-Po-Au. Au intimement lié avec Asp	Py-Ccp-Sh-Au-Ag disséminés dans les veines de Qtz
Altération[3]	Carbonatation, albitisation, silicification	Carbonatation, séricitisation, albitisation	Silicification, pyritisation	Inconnue	Carbonatation, albitisation, tourmalinisation	Carbonatation, albitisation, tourmalinisation, séricitisation
Références	Daigneault et al. (1983); Fiche de gîte # 32C/4-57	Fiche de gîte # 32C/4 - 36	Fiche de gîte # 32C/4 - 81	Fiche de gîte # 32C/4 - 82	Robert et al. (1990); Fiche de gîte # 32C/4 - 89	Sauvé et al. (1986); Fiche de gîte # 32C/4 - 32

1 - Tonnes métriques. 2 - Valeurs tirées de Couture et al. (1994) et des Rapports des géolgues résidents (1993, 1994, 1995). 3 - Qtz: quartz; Tur: tourmaline; Cb: carbonate; Chl: chlorite; Ep: Épidote; Sh: scheelite; Py: pyrite; Cpy: chalcopyrite; Asp: arsénopyrite; Sp: sphalérite; Po: pyrrhotine; Te: tellurures; Bi: minéraux du bismuth; Gn: galène; Mag: magnétite; Au: or; Ag: argent.

Tableau 3 (suite): Liste des principaux gisements d'or du secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt, région de Val-d'Or (modifiée de Jenkins, 1994).

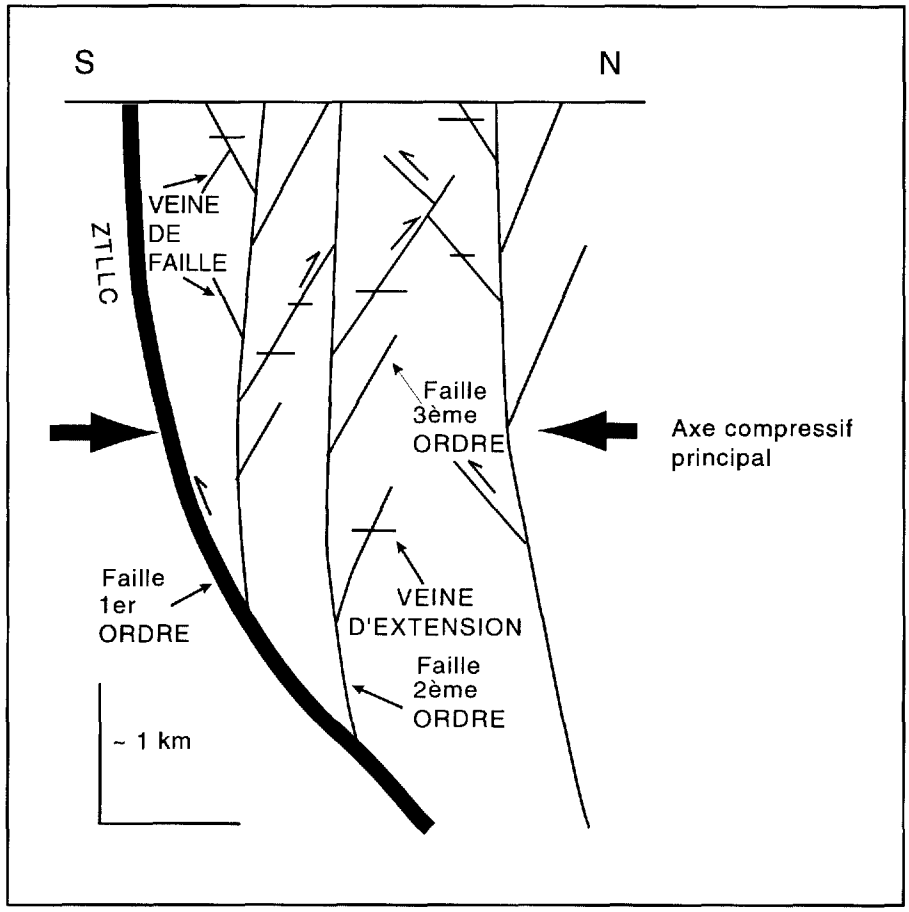


Figure 6: Coupe transversale schématique à travers le district de Val-d'Or illustrant les relations entre les cisaillements d'ordres différents. ZTLLC: Zone Tectonique Larder Lake-Cadillac. Modifiée de Robert et al. (1995).

un champ filonien, ou *"vein field"* (Robert et al., 1995), constitué de veines aurifères de quartz-carbonates-tourmaline-pyrite. L'abondance de tourmaline peut indiquer l'existence, à l'époque de formation des veines, d'un réseau de conduits qui traverserait des sédiments marins (sédiments provenant du Groupe de Pontiac?) en profondeur (Robert, 1993, commun. pers.). L'arsénopyrite est également abondante au sein des gisements d'or localisés à l'intérieur ou à proximité des séquences sédimentaires.

Les murs des veines aurifères mésothermales ont subi une altération hydrothermale bien définie qui se superpose au métamorphisme régional des roches encaissantes (Daigneault, 1983; Daigneault et al., 1983; Ludden et al., 1984; Robert et Brown, 1986b). Les effets les plus communs et les mieux développées de cette altération sont la carbonatation, l'altération potassique et la pyritisation. Cette altération marque des apports importants en CO_2, K_2O et S. Les minéraux issus du métamorphisme régional, tels que la chlorite, la biotite et l'épidote, sont communément détruits par le métasomatisme qui est plus intense à proximité des veines, là où les fluides hydrothermaux ont circulé.

Les résultats des études portant sur les inclusions fluides emprisonnées au moment de la précipitation de l'or (Ho, 1987; Robert et Kelly, 1987) permettent d'interpréter que les fluides aqueux aurifères avaient: (1) de faibles salinités (<6 % en poids équivalent de NaCl); (2) des concentrations modérées à élevées en CO_2 (0,7 à >1,0 g/cm^3) avec probablement de faibles quantités de CH_4; (3) un pH neutre à légèrement acide (la séricite étant stable); (4) des températures d'homogénéisation se situant entre 200 et 400 °C, avec une concentration des données autour de 350 °C; et (5) des pressions entre 1,5 et 4,5 kilobars, ce qui correspond aux valeurs de la pression lithostatique pour des profondeurs variant de 4 à 12 km.

Au cours des dernières années, de nombreux efforts ont été déployés pour développer un modèle universel expliquant la genèse des gisements d'or filoniens archéens. Par exemple, les similitudes observées dans les données des isotopes stables du carbone, du soufre, de l'oxygène et de l'hydrogène entre les gisements aurifères archéens de l'Australie et du Canada (Colvine et al., 1988) suggèrent: (1) une certaine homogénéité dans la composition des fluides à l'origine de la minéralisation aurifère et de l'altération hydrothermale associée; (2) un processus similaire pour la formation des fluides ayant produit la majorité des gisements; et (3) des fluides minéralisateurs provenant d'un immense réservoir localisé à l'extérieur de la zone immédiate de déposition.

Sous des conditions géochimiques idéales, le carbone total dissout dans les fluides hydrothermaux aurifères devrait avoir une valeur $\delta^{13}C$ comprise entre -7 à 0 pour mille; la valeur

médiane de -3,5 pour mille peut être un estimé réaliste compte tenu de la variation des valeurs $\delta^{13}C$ au sein des gisements. La valeur moyenne $\delta^{14}S$ du soufre total dissout dans les fluides aurifères hydrothermaux se situe autour de 0 pour mille; ceci présuppose l'existence d'une source primitive profonde telle que la croûte archéenne non remobilisée ou le manteau sous-jacent. Les valeurs $\delta^{18}O$ du quartz provenant de veines archéennes du Canada se situent entre +10 et+16 pour mille (en ne tenant pas compte de la nature des roches encaissantes) alors que ces valeurs se situent entre +11 et +14 pour mille pour les veines de l'Australie. Les fluides hydrothermaux à l'origine du quartz composant les veines aurifères ont des valeurs $\delta^{18}O$ de +5 à +10 pour mille et ce pour l'ensemble des données recueillies dans les terrains archéens situés au Canada et en Australie.

Comme les minéraux métamorphiques des épontes ont été détruits par le métasomatisme hydrothermal (Daigneault, 1983; Daigneault et al., 1983; Ludden et al., 1984; Robert et Brown, 1986a et 1986b), il y a lieu de croire que la circulation des fluides et la formation des veines sont survenues après le paroxysme du métamorphisme régional et ce pour la plupart des gisements d'or filoniens. Les études géochronologiques, effectuées sur les minéraux métamorphiques et les minéraux reliés à l'altération provenant des veines aurifères, indiquent que le métamorphisme dans le secteur de Val-d'Or a culminé aux alentours de 2 680 Ma (méthode Ar-Ar appliquée à la hornblende; Hanes et al., 1992). En revanche, la majorité du remplissage des veines, incluant la minéralisation aurifère, se produisit entre ca. 2 580 à 2 630 Ma (valeurs basées sur les déterminations U-Pb, K-Ar, $^{40}Ar/^{39}Ar$, Rb-Sr, Sm-Nd et $^{207}Pb/^{206}Pb$ sur zircon, micas, scheelite, rutile, titanite et monazite; Jemielita et al., 1989; Zweng et Mortensen, 1989; Anglin, 1990; Wong et al., 1991; Hanes et al., 1992; Corfu, 1993; Zweng et al., 1993).

Par contre, Claoué-Long et al. (1990, 1992), Kerrich et King (1993) et Kerrich (1994) prétendent que la minéralisation aurifère dite *"mésothermale"* est en fait quasi contemporaine du métamorphisme et qu'elle est âgée approximativement de 2 680 Ma. Cette hypothèse est aussi appuyée par des datations réalisées sur des zircons réputés *"hydrothermaux"*. Ces chercheurs suggèrent que les âges plus jeunes proviennent, soit de systèmes isotopiques moins résistant au métamorphisme régional, ou soit de l'analyse de minéraux hydrothermaux affectés par des événements thermiques plus jeunes non précisés plus jeunes que la minéralisation aurifère. Il faut noter que les techniques de datation employées et la signification des résultats demeurent controversées (Corfu et Davis, 1991). Si les dates plus jeunes proviennent de systèmes valides, alors Hanes et al. (1994) envisagent un processus où le refroidissement après le métamorphisme régional fut rapide, afin de fermer les systèmes isotopiques des minéraux métamorphiques. Mais il semble toutefois que le refroidissement fut lent après l'événement minéralisateur (Kerrich et King, 1993; Kerrich, 1994). Néanmoins, Hanes et al. (1994) s'interrogent sur la nature de l'événement

géologique qui a pu causer ce refroidissement. D'autre part, les résultats de travaux géochronologiques récents, réalisés sur des gisements aurifères localisés à l'ouest de Val-d'Or dans le canton de Dubuisson (les mines Kiena et Norlartic), suggèrent que la minéralisation aurifère, dans certains cas, est plus vieille que le paroxysme du métamorphisme régional (âge minimum de 2 686±2 Ma selon Morasse et al., 1993 et 1995; et de 2 692 ±2 Ma selon Pilote et al., 1993 et Couture et al., 1994). Une situation analogue a été établie pour le gisement aurifère Norseman, situé en Australie occidentale (Golding et Wilson, 1987). Selon Pilote et al. (1993) et Couture et al. (1994), ces âges représentent un autre épisode de minéralisation aurifère important et régionalement distinct de l'événement qui a produit les gîtes qualifiés de *"mésothermaux"*.

8 - MODÈLES GÉNÉTIQUES POUR LES GISEMENTS OFM ARCHÉENS

Au cours des dix dernières années, plusieurs modèles génétiques ont été proposés pour les gisements OFM archéens. Ceux-ci incluent: (1) le modèle d'eau météorique; (2) le modèle orthomagmatique; (3) le modèle métamorphogénique; (4) le modèle de déshydratation; et (5) le modèle de dégazage mantellique et de granulitisation.

Brièvement, le modèle d'eau météorique est basé principalement sur l'étude des gisements épithermaux et mésothermaux situés dans la Cordillère canadienne (Nesbitt et al., 1986, 1987 et 1989; Nesbitt, 1988; Nesbitt et Muehlenbachs, 1989a et 1989b). Ces auteurs suggèrent que les fluides minéralisateurs se sont formés par la convection, en grande profondeur (8 à 12 km environ), des eaux météoriques.

Le modèle orthomagmatique suggère qu'au cours de la cristallisation d'un magma felsique, il y a exsolution des liquides résiduels chargés de métaux, de soufre et des constituants minéraux de la gangue qui précipitent pour former les gisements d'or filoniens mésothermaux (Burrows et al., 1986; Hattori, 1987; Cameron et Carrigan, 1987; Cameron et Hattori, 1987; Burrows et Spooner, 1987, 1989).

Le modèle métamorphogénique fait appel à la circulation de fluides de faible densité et salinité (mais riches en CO_2 et H_2O) à travers les failles crustales. Ces fluides résulteraient de la déshydratation (le modèle #4) des roches vertes, lors du métamorphisme prograde marqué par le passage du faciès des schistes verts au faciès des amphibolites. Ce phénomène serait à peu près synchrone avec la déformation régionale et le plutonisme tardif (Kerrich et Fryer, 1979; Groves et Phillips, 1987; Wyman et Kerrich, 1988 et 1990; Kyser et Kerrich, 1990). Ainsi, l'or présent dans de grands volumes de roche serait lessivé en profondeur, et entraîné par des fluides métamorphorogéniques dans les nombreux systèmes de failles.

Les tenants du modèle de dégazage mantellique et de granulitisation (par exemple, Covine et al., 1988; Cameron, 1988), en se basant principalement sur le modèle de granulitisation de Newton et al. (1980), suggèrent que la force motrice derrière la formation des gisements OFM archéens serait l'advection. Ce déplacement de la chaleur et du CO_2, provenant du manteau vers la croûte inférieure, aurait comme résultat la formation de résidus granulitiques déshydratés. Colvine et al. (1988) relient la métallogénie de l'or à l'histoire magmatique, tectonique et thermique de l'orogenèse kénoréenne.

Tous ces modèles comportent leurs forces et leurs faiblesses (voir Jenkins, 1994, pour un traitement plus exhaustif) de sorte que toute recherche future doit continuer à s'intéresser aux différentes relations existant entre d'une part, le fluide, le soluté et la source des constituants et d'autre part, les volatils, le mode de transport et les mécanismes de déposition. Le modèle de dégazage mantellique et de granulitisation est sans doute le plus nébuleux mais il peut être le modèle le plus complet pour expliquer la formation de la majorité des gisements d'or mésothermaux archéens. Selon Colvine et al. (1988), ce modèle s'intègre à l'intérieur de l'histoire crustale de la Province du Supérieur, de sorte que les gisements OFM seraient des sous-produits normaux des processus impliqués dans la cratonisation à l'Archéen.

Le modèle de Colvine et al. (1988), invoquant la formation des fluides hydrothermaux aurifères par la granulitisation crustale, est illustré à la Figure 7. Ces auteurs proposent que le diapirisme mantellique, source de magma, de chaleur et d'éléments volatils pour la croûte inférieure, provoque la granulitisation de cette dernière. Les éléments alors libérés, tels que le CO_2, l'eau, plusieurs éléments incompatibles et l'or, sont ensuite canalisés dans les structures cassantes régionales de premier ordre. De petits corps intrusifs peuvent également se loger dans ces zones de déformation au moment de leur mise en place.

L'or, le CO_2, l'eau et certains éléments incompatibles peuvent être extraits et transportés au site de précipitation par au moins deux processus distincts: (1) par des fluides magmatiques riches en H_2O et CO_2 contenant de l'or et d'autres éléments incompatibles, issus des magmas silicatés ascendants et formés par l'anatexie du manteau ou de la croûte inférieure (Touret et Dietvorst, 1983); et (2) par les fluides hydrothermaux d'origine métamorphique qui auraient transporté l'or, le CO_2 et d'autres éléments de la source au site de précipitation sans être incorporés dans un magma (Frost et Frost, 1987). Présentement, les études sur les inclusions fluides et les isotopes stables ne nous permettent pas de distinguer entre les fluides métamorphiques et les fluides magmatiques formés dans la croûte inférieure.

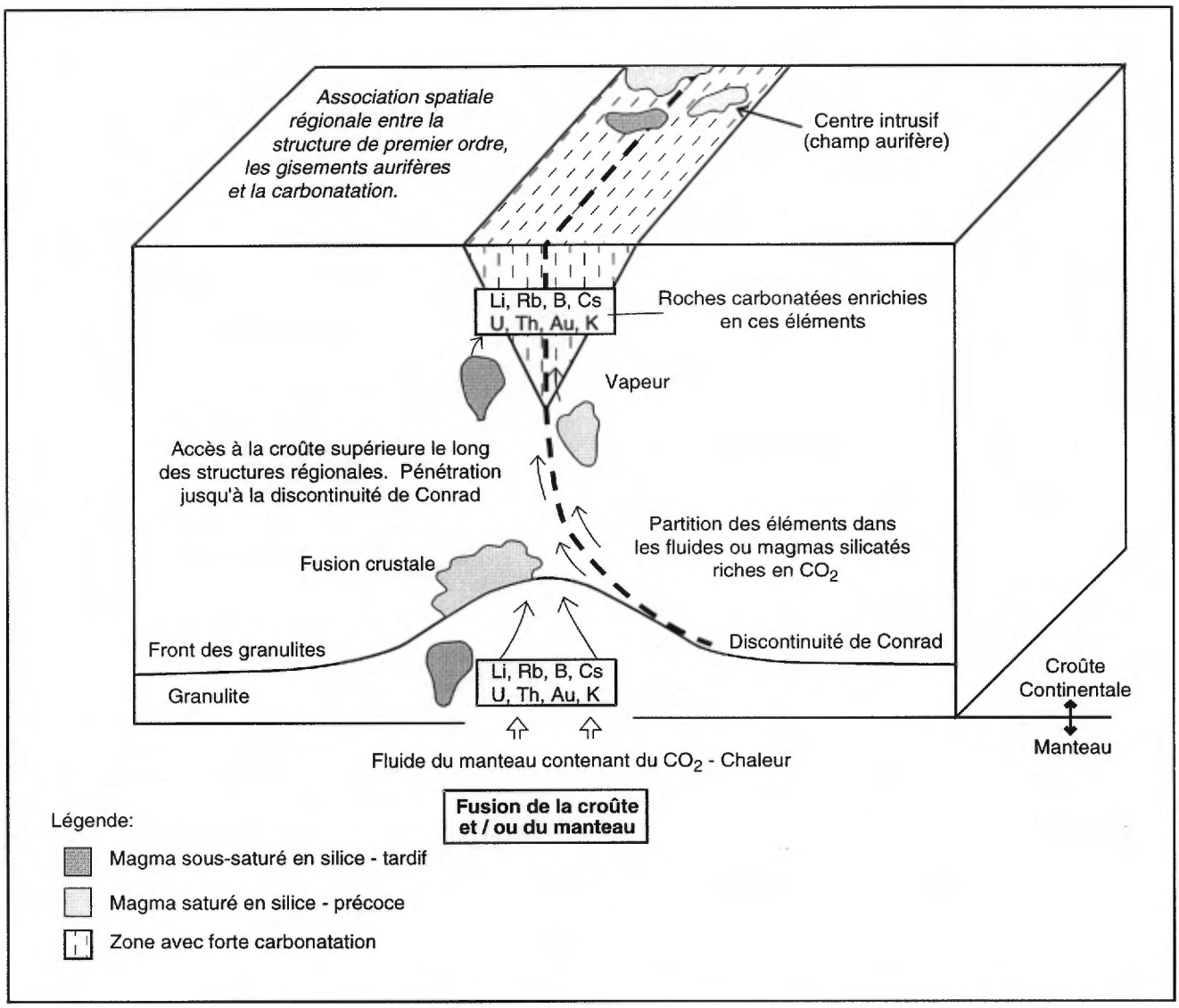


Figure 7: Schéma du modèle de dégazage du manteau et de la granulitisation contribuant à former les gisements d'or filoniens archéens (modifié de Colvine et al., 1988).

9 - ANALOGUES PHANÉROZOÏQUES

Les analogues phanérozoïques actuellement invoqués comme étant les plus représentatifs des gisements OFM archéens sont observés le long de la côte ouest du continent nord-américain. Cette région est composée d'une série de domaines tectono-stratigraphiques allochtones d'affinités tholéiitique et calco-alcaline (Nesbitt et al., 1986; Goldfarb et al., 1988; Nesbitt et Muehlenbachs, 1988; Kerrich, 1989; Kerrich et Wyman, 1990), amalgamés et subductés sous la marge continentale durant la période du Crétacé à l'Éocène (voir Engebretson et al., 1985; Debiche et al., 1987; Coney, 1989; Oldow et al., 1989; et Monger, 1993 pour une revue des phénomènes d'accrétion dans la Cordillère nord-américaine). Les gisements OFM se trouvent uniquement dans les terrains allochtones de la Cordillère. Ils sont associés aux failles de décrochement majeures post-métamorphiques, interprétées comme étant des zones de suture entre les différents domaines agglomérés. Les gisements sont généralement logés dans les failles inverses subverticales, subsidiaires à ces zones de failles majeures.

Selon Kerrich et Wyman (1990), il est peu probable que les gisements OFM archéens se soient formés par des processus spécifiques à la période archéenne. En fait, ces auteurs suggèrent que les processus de formation sont plutôt spécifiques à un environnement géodynamique particulier et pourraient ainsi être appliqués aux gisements mésothermaux de tous âges. Le Tableau 4 présente un résumé des caractéristiques des gisements OFM situés dans la Cordillère. Il y est mis en évidence les attributs structuraux, minéralogiques et géochimiques similaires à ceux des gisements d'or archéens (Colvine et al., 1988; Groves et al., 1992).

10 - SOMMAIRE

L'examen des gisements d'or du secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt révèle plusieurs caractéristiques en accord avec les principaux éléments du modèle de dégazage du manteau et de la granulitisation, tel qu'envisagé pour la minéralisation aurifère mésothermale archéenne de la Province du Supérieur (Colvine et al., 1988; Fyon et al., 1989). Les caractéristiques principales sont les suivantes:

(1) la minéralisation aurifère est généralement associée à la ZTLLC (une faille majeure de premier ordre) et elle se rencontre essentiellement dans les zones de cisaillement subsidiaires (de deuxième et de troisième ordres), en profondeur, elle se trouve à la limite entre les milieux ductile et fragile, à l'intérieur des veines de quartz-tourmaline-carbonate-pyrite;

Dimensions:	Jusqu'à 8 X 10^6 tonnes. Mais pour la plupart des gisements, les dimensions sont de 3 X 10^6 tonnes ou moins.
Teneur:	0,15 - 0,05 g/t Au.
Au/Ag:	1 à >10.
Environnement tectonique:	Généralement associés aux failles de décrochement majeures.
Âge:	Jurassique tardif à Tertiaire - Après le paroxysme du métamorphisme.
Nature de la roche encaissante:	Volcanites et plutons de composition mafique à felsique, unités sédimentaires clastiques, serpentinites, calcaires; faciès des schistes verts bas, à élevé.
Structure:	Veines de quartz sub-verticales à verticales dans les zones de déformation intense subsidiaires aux failles majeures; bonne continuité verticale.
Minéralogie:	Quartz, carbonates de Ca-Mg-Fe, albite, muscovite, scheelite, pyrite, pyrrhotine, arsénopyrite, graphite, galène, sphalérite, chalcopyrite, or natif et tellurures d'Au-Ag.
Paragenèse:	Stade 1: formation des veines; quartz, carbonates, albite, muscovite, scheelite et sulfures de Fe et As. Stade 2: fractures tardives contenant or, galène, sphalérite avec peu de quartz et de carbonates.
Textures:	Veines de quartz massives à rubanées de 0,1 à 5,0 mètres d'épaisseur, parfois zone de remplacement.
Altération:	Carbonates, séricite, silice, pyrite, mariposite, albite, chlorite, talc et graphite.
Inclusions fluides:	TH (température d'homogénéisation) = 250 à 350°C, X_{CO2} = 0,1 à 0,3 avec parfois CO_2 pur; < 2 Éq. poids NaCl; CH_4 rare.
Isotopes stables:	$\partial^{18}O$ Qtz = +13 à +17 pour mille; $\partial^{18}O$ Carbonate = +14 à +18 pour mille. ∂DF.I. = -90 pour mille dans la partie sud de la Cordillère et de -160 pour mille dans la partie nord de la Cordillère.
Éléments associés:	Ag, As, W, Pb, Zn, C, B, Sb, Hg et Te.

Tableau 4: Caractéristiques des gisements d'or filoniens mésothermaux de la Cordillère canadienne (tirées de Nesbitt et Muehlenbachs, 1988).

(2) d'importantes quantités de carbonate sont associées aux zones de cisaillement et au métasomatisme, ce qui témoigne de l'importance du CO_2 comme constituant du fluide hydrothermal, en accord avec le modèle de dégazage du manteau et de la granulitisation;

(3) des enrichissements en K, Rb, U, B et CO_2 sont observés dans les zones d'altération adjacentes aux veines de quartz;

(4) les gisements OFM de la région étudiée sont spatialement associés avec des intrusions de compositions felsiques à intermédiaires; et

(5) dans le secteur à étudié, la minéralisation aurifère mésothermale semble plus jeune par rapport au magmatisme syn- à post-tectonique et au métamorphisme régional. Elle peut ainsi être reliée aux processus magmatiques et métamorphiques en opération dans la croûte inférieure, comme en témoigne l'histoire tectonique de la zone structurale de Kapuskasing (Percival et Card, 1983; Corfu, 1987). Toutefois, il faut mentionner qu'un épisode de minéralisation aurifère filonienne antérieur au métamorphisme régional, tel celui reconnu à l'ouest de Val-d'Or (Pilote et al., 1993; Couture et al., 1994; Morasse et al., 1993 et 1995), pourrait avoir contribué d'une façon importante à l'évolution géotectonique de cette région.

11- DISCUSSION

L'objectif de cette section est de présenter un apercu tectono-chronologique global de l'évolution crustale de l'Abitibi-Sud, où la formation des gisements de SMV et d'OFM s'inscrit à l'intérieur du processus de cratonisation de l'Abitibi. Compte tenu l'état actuel de nos connaissances, le scénario présenté ci-dessous représente selon nous la meilleure interprétation, à ce moment-ci, de la métallogénie des gisements de métaux de base et d'or dans le secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt.

Dimroth et al. (1983a et 1983b), Ludden et al. (1986) et Jackson et Fyon (1991) proposent que la croûte abitibienne a évolué par un processus d'accrétion du nord vers le sud, sur une période s'étendant de ca. 2 750 à 2 700 Ma (Corfu, 1993). En considérant le secteur de Val-d'Or - Malartic, il a été suggéré qu'il pourrait, même à l'intérieur d'une petite portion de l'Abitibi-Sud, ici représentée par le Bloc Composite de Malartic, y avoir eu des phénomènes d'accrétion. En fait, Desrochers et al. (1993b) prétendent que le BCM est formé de plusieurs domaines distincts d'affinités tholéiitique et komatiitique qui se sont accolés ensemble ou en segments individuels à la bordure méridionale du protocontinent du Supérieur.

En se soudant à la marge continentale abitibienne, chaque domaine aurait enregistré une déformation D_1 bien marquée, probablement issue de différents événements obliques mais similaires. Cette accrétion devait être complétée à ca. 2 705 Ma, soit l'âge du volcanisme calco-alcalin du Domaine superposé de Val-d'Or. Présentement, nous ignorons si certains ou tous les domaines du BCM se prolongent à l'est de Val-d'Or, dans le secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt. Si tel n'est pas le cas, il est raisonnable de présumer que des domaines similaires se soient également agglomérés dans ce secteur. D'après différents travaux de cartographie, il semble que le Domaine Sud se prolonge au sud du Domaine de Val-d'Or.

Selon les interprétations de Desrochers et al. (1993b), il est suggéré que le Domaine calco-alcalin de Val-d'Or pourrait reposer en discordance sur les domaines plus anciens ayant déjà subis la déformation D_1 du BCM. Une distension crustale est proposée, au sein d'une marge continentale formée des quatre domaines D_1 nouvellement accolés, pour rendre compte de la composition calco-alcaline du Domaine de Val-d'Or et de la formation des gisements de SMV qui lui sont associés. Deux scénarios tectoniques sont proposés pour expliquer la formation du Domaine de Val-d'Or au sein de cette marge continentale: (1) la subduction d'une dorsale océanique qui s'accompagne d'une montée de magma (plume) sous la marge continentale nouvellement formée, pour produire une séquence volcanique d'affinité calco-alcaline et les gisements de SMV (Desrochers et al., 1993b); et (2) la formation d'un bassin marginal intracontinental à l'arrière d'un arc insulaire suite à la subduction d'une plaque océanique (Halbach et al., 1993; Jenkins, 1994).

Le premier scénario, décrivant la formation du Domaine de Val-d'Or au sein des domaines du BCM, fournit un cadre tectonique simple, basé sur une comparaison avec les données recueillies sur le développement tectonique de la côte ouest de l'Amérique du Nord. Les nouvelles interprétations géologiques de la côte ouest permettent de suggérer que la marge du continent nord-américain, le long de l'océan Pacifique, est composée d'une série de terrains allochtones accolés à la masse continentale principale et séparés par des failles coulissantes ou des failles de chevauchement majeures. Ces dernières sont communément interprétées comme étant des zone de suture. Ces terrains comportent des empilements volcaniques qui surmontent les domaines agglomérés et sont analogues ainsi au Domaine de Val-d'Or. Par exemple, la ceinture volcanique de Wrangell en Alaska est liée à une transition entre une zone de subduction et une marge transformante située entre les plaques tectoniques du Pacifique et de l'Amérique du Nord. Cette transition est marquée par la mise en place de volcanites sub-aériennes au-dessus d'une faille transformante qui s'atténue (Skulski et al., 1991). Les basaltes de Crescent, trouvés dans la partie septentrionale de la province volcanique du Coast Range, dans l'État de Washington et dans la

province de la Colombie-Britannique, sont également le résultat du *"rifting"* suite à la subduction d'une dorsale de propagation dans un environnement d'avant-arc (Babcock et al., 1992).

En établissant un parallèle entre ces exemples et la géologie du secteur de Val-d'Or, l'intrusion de Bourlamaque, qui s'est mise en place dans le Domaine de Val-d'Or, pourrait représenter le réservoir magmatique à partir duquel les magmas felsiques auraient migré vers la surface. En second lieu, ce pluton a probablement agi comme source de chaleur pour provoquer et/ou modifier la circulation de l'eau de mer à l'origine des gisements de SMV dans la CPC. L'activité volcanique a été datée à environ 2 705 Ma et le pluton de Bourlamaque à 2 700 Ma. Étant donné les dimensions importantes de l'intrusion de Bourlamaque, on peut supposer, si son volume entier était contemporain au volcanisme, qu'elle aurait été suffisamment importante pour générer l'ensemble des gisements de SMV du camp minier de Val-d'Or, voir même l'équivalent de plusieurs camps de SMV semblables à celui de Rouyn-Noranda.

À la suite de la formation des gisements de SMV, la partie méridionale de l'Abitibi aurait subi une déformation Nord-Sud entre 2 700 et 2 688 Ma. Cette déformation s'inscrit à l'intérieur de l'événement orogénique kénoréen. Les effets de cet événement sont percus dans le métamorphisme au faciès des schistes verts et dans la déformation D_2 d'orientattion Est-Ouest. Il est fort probable que cet événement soit relié à la fermeture de l'océan entre les sous-Provinces de l'Abitibi et du Pontiac (Feng et Kerrich, 1991; Feng et al., 1992). La subduction d'une plaque océanique vers le nord, sous le Bloc de Malartic, serait à l'origine de la grande suite plutonique syn- et tardi-tectonique de La Corne, située au nord de la ZTLLC (Feng et Kerrich, 1992). La ZTLLC correspond à un bris tectonique majeur (une zone de suture) résultant de la collision entre les protocontinents du Supérieur et du Pontiac. Les profils sismiques permetent de suggèrer que cette zone de suture plonge abruptement vers le nord pour devenir listrique à une profondeur supérieure à 15 km (Green et al., 1990) De nombreuses failles subsidiaires de deuxième et de troisième ordres prennent place du côté nord de cette cassure majeure. Celles-ci auraient pu servir de système de canalisation pour la circulation des fluides hydrothermaux (Robert, 1990a et 1990b).

Durant les derniers stades de la compression Nord-Sud (événement D_2), les gisements d'or filoniens mésothermaux de type Sigma-Lamaque se sont formés au-dessus de la ZTLLC, à la transition entre milieux ductile et fragile. Certains gisements aurifères contenus dans le pluton de Bourlamaque se sont vraisemblablement formés à cette période (Tanner et Trudel, 1989; Robert, 1990a et 1990b). Les fluides aurifères générés en profondeur par le dégazage du manteau et par la granulitisation, et possiblement par le métamorphisme prograde du faciès des schistes verts au faciès des amphibolites, pourraient avoir été canalisés vers la surface à travers un système

hydrothermal de canalisation constitué de failles pour former les gisements OFM de type Sigma-Lamaque (Sibson, 1990; Sibson et al., 1988). Selon Robert (1994), le système de veines se serait étendu à l'échelle de la zone de déformation (jusqu'à 15 km au nord de la zone de suture) et possiblement à plus de 40 km le long de la faille pour former un véritable champ aurifère à l'échelle du district. La nature des veines et de l'altération des épontes sont remarquablement similaires pour l'ensemble des gisements OFM du secteur à l'Est de Val-d'Or. Toutefois, certaines observations renforcent l'idée qu'il existe des différences locales dans les lithologies-sources en profondeur (par exemple, les veines contenant de la tourmaline dont le bore pourrait provenir des roches sédimentaires sous-charriées du Pontiac).

La minéralisation OFM semble être le dernier événement métallogénique d'importance dans la région étudiée, puisqu'elle traverse toutes les lithologies hormis les dykes protérozoïques. L'âge d'environ 2 600 Ma interprété pour cette minéralisation (voir, entre autres, Anglin, 1990; Hanes et al., 1992 et 1994) est plus que problématique puisqu'il ne correspond avec aucun événement géologique connu d'importance, par exemple une orogenèse, pour expliquer la formation et la circulation des fluides minéralisateurs. Cependant, il pourrait y avoir une corrélation entre le magmatisme au sein de la croûte inférieure et le métamorphisme, comme cela a été observé dans la Zone Structurale de Kapuskasing (Corfu, 1987; Krogh et al. 1988; Krogh, 1990). À cet endroit, la minéralisation aurifère reliée à l'activité hydrothermale pourrait avoir été formée dans la croûte moyenne, en accord avec le modèle de dégazage du manteau et de la granulitisation.

Wong et al. (1991) ont noté l'existence de minéralisation aurifère synchrone avec l'activité magmatique tardive (2 720-2 700 Ma) dans la partie centrale de la Province du Supérieur. Ils font également état de la présence de gisements aurifères âgés d'environ 2 700 Ma localisés dans le sud de l'Abitibi. Quoique situés hors de notre secteur d'étude, deux exemples de minéralisation aurifère avec des âges minimums de 2 686 Ma (Morasse et al., 1993 et1995) et 2 692 Ma (Pilote et al., 1993; Couture et al., 1994) sont connus à l'ouest de Val-d'Or. Ces âges pourraient représenter un épisode aurifère distinct de celui associé à l'épisode mésothermal post-métamorphique (Pilote et al., 1993; Couture et al., 1994). Une étude détaillée de ces sites de minéralisation aurifère précoce situés à l'ouest de Val-d'Or serait pertinente pour déterminer la signification géologique de ces âges par rapport à la reconnaissance dans le temps de phases distinctes de minéralisations aurifères, et à la cratonisation de la Province du Supérieur en général.

12- CONCLUSIONS

Létude des diverses facettes de la géologie de l'Abitibi a permis de bien cerner le développement (temporel, tectonique, lithologique et géochimique) et l'évolution crustale de la partie méridionale de la ceinture de roches vertes de l'Abitibi. Au sein de cette dernière, on trouve les deux principaux types de minéralisation associés à son histoire crustale. En se basant sur les nouvelles interprétations géologiques pour la région de Val-d'Or et plus spécifiquement pour le secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt, il appert que la minéralisation de SMV est compatible avec un modèle synvolcanique du sous-type Mattabi classique. La minéralisation a probablement été formée suite au lessivage de la croûte océanique par l'activité hydrothermale générée au sein d'un bassin marginal situé à l'arrière d'un arc insulaire ou alternativement, au sein d'une marge continentale surmontant une dorsale océanique entraînée par subduction.

Au contraire de la minéralisation de SMV, l'ensemble des données structurales, minéralogiques et géochimiques suggèrent que la plus grande partie de la minéralisation OFM dans le secteur des cantons de Bourlamaque et Louvicourt est essentiellement syn- à tardi-tectonique. Les informations recueillies sur le cadre tectonique de la région, soient les relations entre (1) les veines de quartz aurifères et la tectonique, (2) le métamorphisme et le plutonisme, et (3) les données géochimiques et géochronologiques de cet événement hydrothermal, favorisent le modèle de dégazage du manteau et de la granulitisation, ou encore le modèle métamorphogénique, pour expliquer la présence de la minéralisation OFM. Le modèle favorisé veut que les fluides aurifères riches en CO_2 se soient formés par la granulitisation de la croûte inférieure suite à l'advection de la chaleur mantellique et du CO_2. Nous croyons que ces processus, tout comme l'emplacement de la minéralisation aurifère archéenne, sont intimement liés à la cratonisation des terrains archéens.

RÉFÉRENCES

ANGLIN, C.D., 1990 - Preliminary Sm-Nd isotopic analyses of scheelites from Val-d'Or gold deposits, Quebec. *Dans* Recherches en cours, partie C. Commission géologique du Canada; Étude 90-1C, pages 255-259.

ASSAD, J.R., 1958 - The geology of the East Sullivan Deposit, Val-d'Or, Quebec. Thèse de doctorat, Université de McGill, Montréal; 238 pages.

BABCOCK, R.S. - BURMESTER, R.F. - ENGEBRETSON, D.C. - WARNOCK, A., 1992 - A rifted margin origin for the Crescent Basalts and related rocks in the northern Coast Range volcanic province, Washington and British Columbia. Journal of Geophysical Research; volume 87, pages 6799-6821.

BABINEAU, J., 1985 - Géologie de la région de la Motte, Abitibi. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; ET 84-03, 17 pages, 2 cartes.

BELKABIR, A., 1990 - Géologie du gisement filonien d'or Dumont et géochimie de ses épontes altérées, Val-d'Or, Québec. Mémoire de maîtrise, École Polytechnique, Montréal; 150 pages.

BELLEMARE, Y. - GERMAIN, M., 1987 - Catalogue des gîtes minéraux du Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; DV 87-23, 279 pages.

BINNS, R.A., - SCOTT, S.D., 1993 - Actively-forming polymetallic sulfide deposits associated with felsic volcanic rocks in the eastern Manus back-arc basin, Papua-New Guinea. Economic Geology; volume 88, pages 2226-2236.

BINNS, R.A. - SCOTT, S.D. - BOGDANOV, Y.A. - LISITSIN, A.P. - GORDEEV, V.V. - GURVICH, E.G. - FINLAYSON, E.J. - BOYD, T. - DOTTER, L.E. - WHELLER, G.E. - MURAVYEV, K.G., 1993 - Hydrothermal oxide and gold-rich sulfate deposits of Franklin Seamount, western Woodlark Basin, Papua New Guinea. Economic Geology; volume 88, pages 2122-2153.

BUBAR, D.S. - GILL, J.W. - MANNARD, G.N. - STOCKFORD, H.R., 1989 - La nouvelle découverte de Ressources Aur à Val-d'Or: Un important dépôt de sulfure massif dans un camp minier sous-estimé pour son potentiel en métaux de base. Ministère de l'Énergie et des Ressources; DV 89-07, pages 36-37.

BUCHAN, K.L. - MORTENSEN, J.K. - CARD, K.D., 1993 - Northeast-trending Early Proterozoic dykes of southern Superior Province: multiple episodes of emplacement recognized from integrated paleomagnetism and U-Pb geochronology. Revue canadienne des Sciences de la Terre; volume 30, pages 1286-1296.

BURROWS, D.R. - SPOONER, E.T.C., 1987 - Generation of a magmatic H_2O-CO_2 fluid enriched in Mo, Au and W within an Archean sodic granodiorite stock, Mink Lake, northwestern Ontario. Economic Geology; volume 82, pages 1931-1957.

BURROWS, D.R. - SPOONER, E.T.C., 1989 - Relationships between Archean gold quartz vein-shear zone mineralization and igneous intrusions in the Val-d'Or and Timmins areas, Abitibi Subprovince, Canada. *Dans* The Geology of Gold Deposits: The Perspective in 1988. *Édité par* R.R. Keays, W.R.H. Ramsay et D.I. Groves. Economic Geology Monograph 6. Economic Geology Publishing Company, El Paso; pages 424-444.

BURROWS, D.R. - WOOD, P.C. - SPOONER, E.T.C., 1986 - Carbon isotope evidence for a magmatic origin for Archaean gold-quartz vein ore deposits. Nature; volume 321, pages 851-854.

CAMERON, E., 1988 - Archean gold: relation to granulite formation and redox zoning in the crust. Geology; volume 16, pages 109-112.

CAMERON, E.M. - CARRIGAN, W.J., 1987 - Oxygen fugacity of Archean felsic magmas: relationship to gold mineralization. *Dans* Recherches en cours, partie A, Commission géologique du Canada; Étude 87-1A, pages 281-298.

CAMERON, E.M. - HATTORI, K., 1987 - Archean gold mineralization and oxidized hydrothermal fluids. Economic Geology; volume 82, pages 1177-1191.

CAMPIGLIO, C., 1977 - Batholite de Bourlamaque. Ministère des Ressources Naturelles du Québec; ES-26.

CATHLES, L.M. - GUBER, A.L. - LENAGH, T.C. - DUDAS, F.O., 1983 - Kuroko-type massive sulfide deposits of Japan: Products of an Aborted Island-Arc Rift, *Dans* Kuroko and Related Volcanogenic Massive Sulphide Deposits. *Édité par* H. Ohmoto et B.J. Skinner. Economic Geology Monograph 5. Economic Geology Publishing Company, El Paso; pages 96-114.

CHARTRAND, F., 1991 - Geological setting of volcanogenic massive sulfide deposits in the Central Pyroclastice Belt, Val-d'Or. *Dans* Geology and Gold, Rare Element, and Base Metal Mineralization of the Val-d'Or Area, Quebec. *Édité par* F. Chartrand. Society of Economic Geologists; Guidebook Series, volume 9, pages 75-89.

CHOWN, E.H. - DAIGNEAULT, R. - MUELLER, W., 1992 - Tectonic evolution of the Northern Volcanic Zone, Abitibi belt, Quebec. Revue canadienne des Sciences de la Terre; volume 29, pages 2211-2225.

CLAOUÉ-LONG, J.C. - KING, R.W. - KERRICH, R., 1990 - Archean hydrothermal zircons in the Abitibi greenstone belt: constraints on the timing of gold mineralisation. Earth and Planetary Science Letters; volume 98, pages 109-128.

CLAOUÉ-LONG, J.C. - KING, R.W. - KERRICH, R., 1992 - Reply to comment on "Archean hydrothermal zircons in the Abitibi greenstone belt: constraints on the timing of gold mineralisation". Earth and Planetary Science Letters; volume 109, pages 601-609.

COLVINE, A.C. - FYON, J.A. - HEATHER, K.B. - MARMONT, S.- SMITH, P.M. - TROOP, D.G., 1988 - Archean lode gold deposits in Ontario. Ontario Geological Survey; Miscellaneous Paper 139.

CONEY, P.J., 1989 - Structural aspects of suspect terranes and accretionary tectonics in western North America. Journal of Structural Geology; volume 11, pages 107-125.

CORFU, F., 1987 - Inverse age stratification in the Archaean crust of the Superior Province: Evidence for infra- and subcrustal accretion from high resolution U-Pb zircon and monazite ages. Precambrian Research; volume 36, pages 259-275.

CORFU, F., 1993 - The evolution of the southern Abitibi greenstone belt in light of precise U-Pb geochronlogy. Economic Geology; volume 88, pages 1323-1340.

CORFU, F. - DAVIS, D.W., 1991 - Comment on "Archean hydrothermal zircons in the Abitibi greenstone belt: constraints on the timing of gold mineralisation". Earth and Planetary Science Letters; volume 104, pages 545-552.

CORFU, F. - KROGH, T.E. - KWOK, Y.Y. - JENSEN, L.S., 1989 - U-Pb zircon geochronology in the southwestern Abitibi greenstone belt, Superior Province. Revue canadienne des Sciences de la Terre; volume 26, pages 1747-1763.

COUTURE, J-F. - PILOTE, P. - MACHADO, N. - DESROCHERS, J-P., 1994 - Timing of gold mineralization in the Val-d'Or district, southern Abitibi belt: Evidence for two distinct mineralizing events. Economic Geology; volume 89, pages 1542-1551.

DAIGNEAULT, R., 1983 - Géologie et géochimie du gisement d'or de la mine Lamaque, Val d'Or, Québec. Mémoire de M.Sc. non-publié, École Polytechnique de Montréal, Québec; 134 pages.

DAIGNEAULT, R. - PERRAULT, G. - BÉDARD, P., 1983 - Géologie et géochimie de la mine Lamaque, Val-d'Or, Québec. Canadian Institute of Mining and Metallurgy; volume 76, pages 111-127.

DAVIS, D.W., 1991 - Age constraints on deposition and provenance of Archean sediments in the southern Abitibi and Pontiac subprovinces from U-Pb analyses of detrital zircons. Programme et Résumés, Association géologique du Canada-Association minéralogique du Canada; volume 16, page A29.

DEBICHE, M.G. - COX, A. - ENGEBRETSON, D., 1987 - The motion of allochthonous terranes across the North Pacific Basin. Geological Society of America; Special Paper 207.

DESROCHERS, J.-P. - HUBERT, C. - PILOTE, P., 1993a - Géologie du secteur du lac De Montigny (phase 3), région de Val d'Or. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 93-15.

DESROCHERS, J.-P. - HUBERT, C. - LUDDEN, J.N. - PILOTE, P., 1993b - Accretion of Archean oceanic plateau fragments in the Abitibi greenstone belt, Canada. Geology; volume 21, pages 451-454.

DIMROTH, E. - IMREH, L. - ROCHELEAU, M. - GOULET, N., 1982 - Evolution of the south-central part of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part I: Stratigraphy and paleogeographic model. Revue canadienne des Sciences de la Terre; volume 19, pages 1729-1758.

DIMROTH, E. - IMREH, L. - ROCHELEAU, M. - GOULET, N., 1983a - Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part II: Tectonic evolution and geomechanical model. Revue canadienne des Sciences de la Terre; volume 20, pages 1355-1373.

DIMROTH, E. - IMREH, L. - ROCHELEAU, M. - GOULET, N., 1983b - Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi Belt, Quebec. Part III: Plutonic and metamorphic evolution and geotectonic model. Revue canadienne des Sciences de la Terre; volume 20, pages 1374-1388.

DRESSER, J.A. - DENIS, T.C., 1951 - Géologie du Québec; volume III: géologie économique. Ministère des Mines, Québec; RG-20, 641 pages.

DUSSAULT, C., 1993 -

EISENLOHR, B.N. - GROVES, D. - PARTINGTON, G.A., 1989 - Crustal-scale shear zones and their significance to Archaean gold mineralization in Western Australia. Mineralium Deposita; volume 24, pages 1-8.

ENGEBRETSON, D.C. - COX, A. - GORDON, R.G., 1985 - Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific Basin. Geological Society of America; Special Paper 206.

FENG, R. - KERRICH, R., 1991 - Single zircon age constraints on the tectonic juxtaposition of the Archean Abitibi greenstone belt and Pontiac subprovince, Quebec, Canada. Geochimica et Cosmochimica Acta; volume 55, pages 3437-3441.

FENG, R. - KERRICH, R., 1992 - Geochemical evolution of granitoids from the Archean Abitibi Southern volcanic Zone and the Pontiac subprovince, Superior Province, Canada: Implications for tectonic history and source regions. Chemical Geology; volume 98, pages 23-70.

FENG, R. - KERRICH, R. - MCBRIDE, S. - FARRAR, E., 1992 - $^{40}Ar/^{39}Ar$ age constraints on the thermal history of the Archean Abitibi greenstone belt and the Pontiac Subprovince: implications for terrane collision, differential uplift, and overprinting of gold deposits. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 29, pages 1389-1411.

FOUQUET, Y. - VON STACKELBERG, U. - CHARLOU, J.L. - ERZINGER, J. - HERZIG, P.M. - MÜHE, R. - WIEDICKE, M., 1993 - Metallogenesis in back-arc environments: The Lau basin example. Economic Geology; volume 88, pages 2154-2181.

FRANKLIN, J.M., 1990 - Volcanic-associated massive sulphide deposits. *In* Gold and Base-Metal Mineralization in the Abitibi Subprovince, Canada, with Emphasis on the Quebec Segment; *Éditeurs:* S. E. Ho, F. Robert et D. I. Groves. The University of Western Australia; Publication No. 24, pages 211-241.

FRANKLIN, J.M. - LYDON, J.W. - SANGSTER, D.F., 1981 - Volcanic-associated massive sulfide deposits. *Dans* Skinner, B.J. (éditeur), Economic Geology 75th Anniversary Volume. Economic Geology Publishing Company, El Paso; pages 485-627.

FROST, B.R. - FROST, C.D. 1987 - CO_2, melts and granulite metamorphism. Nature; volume

327, pages 503-506.

FYON, J.A. - TROOP, D.G. - MARMONT, S. - MACDONALD, A.J., 1989 - Introduction of gold into Archean crust, Superior Province, Ontario - coupling between mantle-initiated magmatism and lower crustal thermal maturation. *Dans* The Geology of Gold Deposits: The Perspective in 1988. *Édité par* R.R. Keays, W.R.H. Ramsy et D.I. Groves. Economic Geology Monograph 6. Economic Geology Publishing Company, El Paso; pages 479-490.

GIRAULT, M., 1986 - Pétrographie et géochimie de volcanites archéennes polymétamorphiques - reconstitution de l'histoire pétrologique (zone minière Manitou-Louvem, Val-d'Or, Québec). Thèse de doctorat, Université scientifique, technique et médicale de Grenoble, Grenoble, France.

GOLDFARB, R.J. - LEACH, D.L. - PICKTHORN, W.J. - PATERSON, A.B., 1988 - Origin of lode-gold deposits of the Juneau gold belt, southeastern Alaska. Geology; volume 16, pages 440-443.

GOLDING, S.D. -WILSON, A.F., 1987 - Oxygen and hydrogen isotope relationships in Archaean gold deposits of the Eastern Goldfields Province, Western Australia: constraints on the source of Archaean gold-bearing fluids. *Dans* Recent Advances in Understanding Precambrian Gold Deposits. *Édité par* S.E. Ho et D.I. Groves. University of Western Australia; Publication No. 11, pages 203-213.

GREEN, A.G. - MILKEREIT, B. - MAYRAND, L.J. - LUDDEN, J.N. - HUBERT, C. - JACKSON, S.L. - SUTCLIFFE, R.H. - WEST, G.F. - VERPAELST, P. - SIMARD, A., 1990 - Deep structure of an Archaean greenstone terrane. Nature; volume 344, pages 327-330.

GROVES, D.I. - PHILLIPS, N., 1987 - The genesis and tectonic control on Archean gold deposits of the western Australian shield - a metamorphic replacement model. Ore Geology Reviews; volume 2, pages 287-322.

GROVES, D.I. - BARLEY, M.E. - BARNICOAT, A.C. - CASSIDY, K.F. et al., 1992 - Sub-greenschist- to granulite-hosted Archaean lode-gold deposits of the Yilgarn craton: a depositional continuum from deep-sourced hydrothermal fluids in crustal-scale plumbing systems. *Dans* The Archaean: Terrains, Processes and Metallogeny. *Édité par* J.E. Glover et S.E. Ho. Geology Department and University Extension, The University of Western Australia; Publication No. 22, pages 325-337.

GUNNING, H.C. - AMBROSE, J.W., 1940 - Malartic area, Quebec. Commission géologique du Canada; Mémoire 222.

HALBACH, P. - PRACEJUS, B. - MÄRTEN, A., 1993 - Geology and mineralogy of massive sulfide ores from the central Okinawa trough, Japan. Economic Geology; volume 88, pages 2210-2225.

HANES, J.A. - ARCHIBALD, D.A. - HODGSON, C.J. - ROBERT, F., 1992 - Dating of Archean auriferous quartz vein deposits in the Abitibi greenstone belt, Canada: 40Ar/39Ar evidence for a 70- to 100-m.y.-time gap between plutonism-metamorphism and mineralization. Economic Geology; volume 87, pages 1849-1861.

HANES, J.A. - ARCHIBALD, D.A. - HODGSON, C.J. - ROBERT, F., 1994 - Dating of Archean auriferous quartz vein deposits in the Abitibi greenstone belt, Canada: $^{40}Ar/^{39}Ar$ evidence for a 70- to 100-m.y.- time gap between plutonism-metamorphism and mineralization. – A reply. Economic Geology; volume 89, pages 687-690.

HATTORI, K., 1987 - Magnetic felsic intrusions associated with Canadian Archean gold deposits. Geology; volume 15, pages 1107-1111.

HÉBERT, R. - ROCHELEAU, M. - GIGUÈRE, C. - PERRIER, B. - GAUDREAU, R., 1991 - Pétrologie et gîtologie d'un filon-couche différencié et minéralisé archéen: le gisement aurifère Sigma-2, canton de Louvicourt, Québec. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 28, 1731-1743.

HENLEY, R.W. - THORNLEY, P., 1979 - Some geothermal aspects of polymetallic massive sulfide formation. Economic Geology; volume 74, pages 1600-1612.

HO, S.E., 1987 - Fluid inclusions: their potential as an exploration tool for Archean gold deposits, *Dans* Recent Advances in Understanding Precambrian Gold Deposits. *Édité par* S.E. Ho et D.I. Groves. Geology Department and University Extension, University of Western Australia; Publication No.11, pages 239-263.

HODGSON, C.J. - MACGEEHAN, P.J., 1982 - Geological characteristics of gold deposits in the Superior Province of the Canadian Shield, *Dans* Geology of Canadian Gold Deposits. *Édité par* R.W. Hodder et W. Petruk. Institut canadien des Mines et de la Métallurgie; Volume Spécial 24, pages 211-229.

HOLUBEC, J., 1972 - Lithostratigraphy, structure and deep crustal relations of Archean rocks of the Canadian Shield, Rouyn-Noranda, Quebec. Krystalinikum; volume 9, pages 63-88.

HUBERT, C., 1990 - Geologic framework, evolution and structural setting of gold and base metal deposits of the Abitibi greenstone belt, Canada. *Dans* Gold and Base Metal Minerlization in the Abitibi Subprovince Canada, with Emphasis on the Quebec Segment. Short course notes, compilation by S.E. Ho, F. Robert and D.I. Groves. University of Western Australia; Publication 24, pages 53-62.

HUBERT, C. - TRUDEL, P. - GÉLINAS, L., 1984 - Archean wrench-fault tectonics and structural evolution of the Blake River Group, Abitibi, Quebec. Revue canadienne des Sciences de la Terre; volume 21, pages 1024-1032.

HUTCHINSON, R.W., 1965 - Genesis of massive sulphides reconsidered by comparison to Cyprus deposits. Institut canadien des Mines et de la Métallurgie, Transactions; volume 681, pages 286-300.

IMREH, L., 1976 - Nouvelle lithostratigraphie à l'ouest de Val-d'Or et son incidence gîtologique. Ministère des Richesses naturelles du Québec; DPV-349.

IMREH, L., 1984 - Sillon de La Motte-Vassan et son avant-pays méridional: synthèse volcanologique, lithostratigraphique et gîtologique. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MM 82-04.

IMREH, L., 1990 - Cartes préliminaires au 1:15 840 de l'Abitibi-Est méridional - coupure 32C/04. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 90-36, cartes annotées.

IMREH, L. - TRUDEL, P., 1990 - Considérations typologiques et métallogéniques sur des gisements aurifères du district de Val d'Or. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB-89-63, 213 pages.

IRVINE, T.N. - BARAGAR, W.R.A., 1971 - A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 8, pages 523-546.

JACKSON, S.L. - FYON, J.A., 1991 - The western Abitibi Subprovince in Ontario. *Dans* Geology of Ontario. *Édité par* P.C. Thurston, H.R. Williams, R.H. Sutcliffe et G.M. Stott. Ontario Geological Survey; Special Volume 4, Part 1, pages 405-482.

JACKSON, S.L. - SUTCLIFFE, R.H. - LUDDEN, J.N. - HUBERT, C. - GREEN, A.G. - MILKEREIT, B. - MAYRAND, L. - WEST, G.F. - VERPAELST, P., 1990 - Southern Abitibi greenstone belt: Archean crustal structure from seismic-reflection profiles. Geology; volume 18, pages 1086-1090.

JEMIELITA, R.A. - DAVIS, D.W. - KROGH, T.E. - SPOONER, E.T.C., 1989 - Chronological constraints on the origin of Archean lode gold deposits in the southern Superior Province from U/Pb isotopic analyses of hydrothermal rutile and titanite. Abstracts with Programs. Geological Society of America; volume 21, pages A351.

JENKINS, C.L., 1994 - Conceptual metallogenic modelling of Archean volcanogenic massive sulphide and lode-gold deposits in Bourlamaque and Louvicourt townships, Val-d'Or district, Quebec. Thèse de doctorat, École Polytechnique de Montréal, Université de Montréal, Montréal; 338 pages.

JENSEN, L.S., 1976 - A new cation plot for classsifying subalkalic volcanic rocks. Ontario Division of Mines; Miscellaneous Paper 66, 22 pages.

JOLLY, W.T., 1978 - Metamorphic history of the Archean Abitibi Belt. *Dans* Metamorphism in the Canadian Shield. Commission géologique du Canada; Étude 78-10, pages 63-78.

KERRICH, R., 1989 - Geodynamic setting and hydraulic regimes: shear zone hosted mesothermal gold deposits. *Dans* Mineralization and Shear Zones. *Édité par* J.T. Bursnall. Association géologique du Canada; Short Course Notes, volume 6, pages 89-128.

KERRICH, R., 1994 - Dating of Archean auriferous quartz vein deposits in the Abitibi greenstone belt, Canada: $^{40}Ar/^{39}Ar$ evidence for a 70- to 100-m.y.- time gap between plutonism-metamorphism and mineralization. — A discussion. Economic Geology; volume 89, pages 679-687.

KERRICH, R. - FRYER, B.J., 1979 - Archean precious-metal hydrothermal systems, Dome mine, Abitibi Greenstone Belt: Part II. REE and oxygen isotope relations. Revue canadienne des Sciences de la Terre; volume 16, pages 440-458.

KERRICH, R. - KING, R., 1993 - Hydrothermal zircon and baddeleyite in Val-d'Or Archean

mesothermal gold deposits. Charateristics, compositions and fluid inclusion properties. Journal canadien des Sciences de la Terre; volume 30, pages 2334-2351.

KERRICH, R. - WYMAN, D., 1990 - Geodynamic setting of mesothermal gold deposits: An association with accretionary tectonic regimes. Geology; volume 18, pages 882-885.

KROGH, T.E., 1990 - Direct evidence for tectonic underplating in an Archean granulite-greenstone terrane. American Geophysical Union, Transactions; volume 71, page 617.

KROGH, T.E. - HEAMAN, L.M. - MACHADO, N., 1988 - Detailed U-Pb chronology of successive stages of zircon growth at medium and deep levels using parts of single zircon and titanite grains. Project Lithoprobe, Kapuskasing Structural Zone Transect, Workshop, Toronto, University of Toronto; page 243.

KYSER, T.K. - KERRICH, R., 1990 - Geochemistry of fluids in tectonically active crustal regions. *Dans* Short Course on Fluids in Tectonically Active Regimes of the Continental Crust. *Édité par* B.E. Nesbitt. Association minéralogique du Canada; volume 18, pages 133-230.

LACROIX, R., 1986 - Géologie et géochimie de la propriété New Pascalis, Val-d'Or, Québec. Mémoire de maîtrise, Ecole Polytechnique, Montréal; 128 pages.

LAROUCHE, C., 1979 - Archean granitoid intrusions into the Pontiac Group, Lac Remigny area, northwestern Quebec. M.Sc. thesis, Carleton University, Ottawa.

LATULIPPE, M., 1966 - The relationship of mineralization to Precambrian stratigraphy in the Matagami Lake and Val-d'Or districts of Quebec. Association géologique du Canada; Special Paper Number 3, pages 21-41.

LATULIPPE, M., 1976 - Excursion géologique: la région de Val-d'Or-Malartic. Ressources naturelles du Québec/Institut canadien des Mines et de la Métallurgie; DP 367.

LEBEL, J., 1987 - Description du gîte d'or Akasaba, Abitibi, Québec. École Polytechnique, Montréal; mémoire de maîtrise, 217 pages.

LUDDEN, J.N. - HUBERT, C. - GARIEPY, C., 1986 - The tectonic evolution of the Abitibi greenstone belt of Canada. Geological Magazine; volume 123, pages 153-166.

LUDDEN, J. - DAIGNEAULT, R. - ROBERT, F. - TAYLOR, R.P. 1984 - Trace element mobility in alteration zones associated with Archean Au lode deposits. Economic Geology; volume 79, pages 1131-1141.

LYDON, J.W., 1988 - Volcanogenic massive sulphide deposits. Part 2: Genetic models. Geoscience Canada; volume 15, pages 43-65.

MACHADO, N. - RIVE, M. - GARIÉPY, C. - SIMARD, A., 1991 - U-Pb geochronology of granitoids from the Pontiac subprovince: preliminary results. Programme et Résumés, Association géologique du Canada-Association minéralogique du Canada; volume 16, page A78.

MANNARD, G.N. - BUBAR, D.S., 1991 - The role of lithogeochemistry in the discovery of the Louvicourt copper-zinc-silver-gold massive sulphide deposit. Programme et Résumés, Association géologique du Canada-Association minéralogique du Canada; volume 16, page A79.

MONGER, J.W.H., 1993 - Canadian Cordilleran tectonics: from geosynclines to crustal collage. Revue canadienne des Sciences de la Terre; volume 30, pages 209-231.

MORASSE, S. - WASTENEYS, H.A. - CORMIER, M. - HELMSTAEDT, H. - MASON, R., 1993 - La mine d'or Kiena: minéralisation magmatique hydrothermale kénoréenne précoce dans la ceinture minérale de Val-d'Or, sud-est de l'Abitibi. Séminaire d'information 1993, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; DV 93-03.

MORASSE, S. - WASTENEYS, H.A. - CORMIER, M. - HELMSTAEDT, H. - MASON, R., 1995 - A pre-2686 Ma intrusion-related gold deposit at the Kiena mine, Val-d'Or, Québec, Southern Abitibi Subprovince. Economic Geology; volume 90, pages 1310-1321.

MORTON, R.L. - FRANKLIN, J.M., 1987 - Two-fold classification of Archean volcanic-associated massive sulfide deposits. Economic Geology; volume 82, pages 1057-1063.

MORTON, R.L. - WALKER, J.S. - HUDAK, G.J. - FRANKLIN, J.M., 1991 - The early development of an Archean submarine caldera complex with emphasis on the Mattabi ash-flow tuff and its relationship to the Mattabi massive sulfide deposit. Economic Geology; volume 86, pages 1002-1011.

NESBITT, B.E., 1988 - Gold deposit continuum: A genetic model for lode Au mineralization in the continental crust. Geology; volume 16, pages 1044-1048.

NESBITT, B.E. - MUELHENBACHS, K., 1988 - Genetic implication of the association of mesothermal gold deposits with major strike-slip fault systems. *Dans* North American Conference on Tectonic Control of Ore Deposits and the Vertical and Horizontal Extent of Ore Systems. *Édité par* G. Kisvarsanyi et S.K. Grant. Université de Missouri-Rolla; pages 57-66.

NESBITT, B.E. - MUEHLENBACHS, K., 1989a - Geology, geochemistry, and genesis of mesothermal lode gold deposits of the Canadian Cordillera: evidence for ore formation from evolved meteoric water. *Dans* The Geology of Gold Deposits: The Perspective in 1988. *Édité par* R.R. Keays, W.R.H. Ramsay et D.I. Groves. Economic Geology Monograph 6; Economic Geology Publishing Company, El Paso; pages 553-563.

NESBITT, B.E. - MUEHLENBACHS, K., 1989b - Origins and movement of fluids during deformation and metamorphism in the Canadian Cordillera. Science; volume 245, pages 733-736.

NESBITT, B.E. - MUEHLENBACHS, K. - MUROWCHICK, J.B., 1987 - Reply on "Dual origins of lode gold deposits in the Canadian Cordillera". Geology; volume 15, pages 471-473.

NESBITT, B.E. - MUEHLENBACHS, K. - MUROWCHICK, J.B., 1989 - Genetic implications of stable isotope characteristics of mesothermal Au deposits and related Sb and Hg deposits in the Canadian Cordillera. Economic Geology; volume 84, pages 1489-1506.

NESBITT, B.E. - MUROWCHICK, J.B. - MUEHLENBACHS, K., 1986 - Dual origins of lode gold deposits in the Canadian Cordillera. Geology; volume 14, pages 506-509.

NEWTON, R.C. - SMITH, J.V. - WINDLEY, B.F., 1980 - Carbonic metamorphism, granulites and crustal growth. Nature; volume 288, pages 45-50.

NORMAN, G.W.H., 1941 - Vassan-Dubuisson map-area, Abitibi County, Quebec. Commission géologique du Canada; Étude 41-6, 9 pages.

NORMAN, G.W.H., 1942 -The Cadillac synclinal belt of northwestern Quebec. Transactions of the Royal Society of Canada; volume 36, pages 89-98.

NORMAN, G.W.H., 1943a - Bourlamaque Township, Abitibi County, Quebec. Commission géologique du Canada; Étude 43-2, 14 pages.

NORMAN, G.W.H., 1943b - Notes sur la structure de la région de Cadillac-Bourlamaque, comté d'Abitibi, Québec. Commission géologique du Canada; Mémoire 43-6.

OFTEDAHL, C., 1958 - A theory of exhalative-sedimentary ores. Geologiska foreningens i Stockholm forhandlingar; volume 80, pages 1-19.

OLDOW, J.S. - BALLY, A.W. - AVE LALLEMANT, H.G. - LEEMAN, W.P., 1989 - Phanerozoic evolution of the North American Cordillera; United States and Canada. *Dans* The Geology of North America - An Overview. *Édité par* A.W. Bally et A.R. Palmer. Geological Society of America; Special Publication, volume A, pages 139-232.

PERCIVAL, J.A. - CARD, K.D., 1983 - Archean crust as revealed in the Kapuskasing uplift, Superior Province, Canada. Geology; volume 11, pages 323-326.

PILOTE, P. - COUTURE, J.-F. - DESROCHERS, J.-P. - MACHADO, N. - PELZ, P., 1993 - Minéralisation aurifères multiphasées dans la région de Val-d'Or: l'exemple de la mine Norlartic. Séminaire d'information 1993, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; DV 93-03, pages 61-66.

POULSEN, K.H. - ROBERT, F., 1989 - Shear zones and gold: Practical examples from the southern Canadian Shield. *Dans* Mineralization and Shear Zones. *Édité par* J.T. Bursnall. Association géologique du Canada; Short Course Notes, volume 6, pages 239-266.

RAYMOND, D., 1983 - Dispersion et altération lithogéochimiques à la mine Louvem et ses environs, Val-d'Or, Québec. Mémoire de maîtrise non-publié, Université de Laval, Québec; 209 pages.

ROBERT, F., 1980 - Pétrographie et pétrochimie des roches encaissantes du gîte de Zn-Cu-Ag de Manitou-Barvue, Val-d'Or, Québec. École Polytechnique de Montréal, Mémoire de maîtrise appliquée; 208 pages.

ROBERT, F., 1989 - Internal structure of the Cadillac tectonic zone southeast of Val-d'Or, Abitibi greenstone belt, Quebec. Revue canadienne des Sciences de la Terre; volume 26, pages 2661-2675.

ROBERT, F., 1990a - An overview of gold deposits in the Eastern Abitibi belt. Dans La Ceinture Polymétallique du Nord-Ouest Québécois: Synthèse de 60 Ans d'Exploration Minière. Édité par M. Rive et al. Institut canadien des Mines et de la Métallurgie; Volume Spécial 43, pages 93-105.

ROBERT, F., 1990b - Structural setting and control of gold-quartz veins of the Val-d'Or area, southeastern Abitibi subprovince. Dans Gold and Base Metal Mineralization in the Abitibi Subprovince Canada, with Emphasis on the Quebec Segment. Short Course Notes, Compilation par S.E. Ho, F. Robert et D.I. Groves. University of Western Australia; Publication No. 24, pages 167-209.

ROBERT, F., 1994 - Vein fields in gold districts: The example of Val-d'Or, southeastern Abitibi. Commission géologique du Canada; Recherches en cours, volume 1994-C, pages 295-302.

ROBERT, F. - BROWN, A.C., 1984 - Progressive alteration associated with gold-quartz-tourmaline veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt, Quebec. Economic Geology; volume 79, pages 393-399.

ROBERT, F. - BROWN, A.C., 1986a - Archean gold-bearing quartz veins at the Sigma mine, Abitibi greenston belt, Quebec: Part I. Geologic relations and formation of the vein system. Economic Geology; volume 81, pages 578-592.

ROBERT, F. - BROWN, A.C., 1986b - Archean gold-bearing quartz veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt, Quebec: Part II. Vein paragenesis and hydrothermal alteration. Economic Geology; volume 81, pages 593-616.

ROBERT, F. - KELLY, W.C., 1987 - Ore-forming fluids in Archean gold-bearing quartz veins at the Sigma mine, Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. Economic Geology; volume 82, pages 1464-1482.

ROBERT, F. - BOULLIER, A.-M. - FIRDAOUS, K., 1995 - Gold-quartz veins in metamorphic terranes and their bearing on the role of fluids in faulting. Journal of Geophysical Research, Section B; volume 100, No.B7, pages 12 861-12 879.

ROBERT, F. - BROMMECKER, R. - BUBAR, D.S., 1990 - The Orenada zone 4 deposit: Deformed vein-type gold mineralization within the Cadillac tectonic zone, SE of Val-d'Or. The Northwestern Quebec Polymetallic Belt: A Summary of 60 years of Mining Exploration. Edited by M. Rive, M. et al.. The Canadian Institute of Mining and Metallurgy; Special Volume 43, pages 255-268.

SAUVÉ, P., 1985 - Géologie de la mine d'or Akasaba, région de Val-d'Or. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MB 85-40.

SAUVÉ, P. - PERRAULT, G. - TRUDEL, P., 1986 - Compilation et données nouvelles sur les gîtes d'or du camp minier de Val-d'Or. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec; MB 86-24, 117 pages.

SAUVÉ, P. - IMREH, L. - TRUDEL, P., 1993 - Description des gîtes d'or de la région de Val d'Or. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 91-03, 178 pages.

SAWKINS, F.J., 1982 - The formation of Kuroko-type deposits viewed within the broader context of ore genesis theory. Mining Geology; volume 32, pages 25-33.

SAWKINS, F.J., 1986 - Some thoughts on the genesis of kuroko-type deposits. Geology in the real world - the Kingsley Dunham volume. London Institute of Mining and Metallurgy; pages 387-394.

SHARPE, J.I., 1968 - Canton de Louvicourt, Comté d'Abitibi-Est. Ministère des Richesses naturelles du Québec; Rapport géologique 135.

SIBSON, R.H., 1990 - Faulting and fluid flow, Dans Short Course on Fluids in Tectonically Active Regimes of the Continental Crust. *Édité par* B.E. Nesbitt. Association minéralogique du Canada; volume 18, pages 93-132.

SIBSON, R.H. - ROBERT, F. - POULSEN, H., 1988 - High angle faults, fluid pressure cycling and mesothermal gold-quartz deposits. Geology; volume 16, pages 551-555.

SKULSKI, T.- FRANCIS, D. - LUDDEN, J., 1991 - Arc-transform magmatism in the Wrangell volcanic belt. Geology; volume 19, pages 11-14.

SOLOMON, M., 1976 - Volcanic massive sulphide deposits and their host rocks - a review and an explanation. *Dans* Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits. *Édité par* K.H. Wolf. Elsevier, Amsterdam; volume 2, pages 21-50.

SPENCE, C.D. - DE ROSEN-SPENCE, A.F., 1975 - The place of sulfide mineralization in the volcanic sequence at Noranda, Quebec. Economic Geology; volume 70, pages 90-101.

SPITZ, G. - DARLING, R., 1973 - Pétrographie des roches encaissantes du gisement cuprifère de Louvem. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 10, 760-776.

STANTON, R.L., 1991 - Understanding volcanic massive sulfides - past, present, and future. Economic Geology; Monograph 8, pages 82-95.

SUN, S.-S. - MCDONOUGH, W.F., 1989 - Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Dans* Magmatism in the Ocean Basins. *Édité par* A.D. Saunders et M.J. Norry. Geological Society; Special Publication No.42, pages 313-345.

TANNER, M.F. - TRUDEL, P., 1989 - Bourlamaque Batholith and its gold potential, Val d'Or, Quebec. Canadian Institute of Mining and Metallurgy Bulletin; volume 82, (no. 922), pages 33-42.

THE NORTHERN MINER, 1994 - Aur downgrades reserves at Louvicourt significantly. April 25, 1994 edition; pages 1-2.

TOURET, J. - DIETVORST, P., 1983 - Fluid inclusions in high-grade anatectic metamorphites. Journal of the Geological Society of London; volume 140, pages 635-649.

URABE, T. - MARUMO, K., 1991 - A new model for Kuroko-type deposits of Japan. Episodes;

volume 14, pages 246-251.

URABE, T. - SATO, T., 1978 - Kuroko deposits of the Kosaka mine, northeast Honshu, Japan - products of submarine hot springs on Miocene sea floor. Economic Geology; volume 73, pages 161-179.

VU, L., 1990 - Geology of the Ferderber gold deposit and gold potential of the Bourlamaque batholith, Belmoral Mines Ltd., Val-d'Or, Quebec. *Dans* La ceinture polymétallique du Nord-Ouest québécois: synthèse de 60 ans d'exploration minière. Édité par M. Rive et al. Institut canadien des Mines et de la Métallurgie; Volume Spécial 43, pages 237-244.

WONG, L. - DAVIS, D.W. - KROGH, T.E. - ROBERT, F., 1991 - U-Pb zircon and rutile chronology of Archean greenstone formation and gold mineralization in the Val-d'Or region, Quebec. Earth and Planetary Science Letters; volume 104, pages 325-336.

WYMAN, D. - KERRICH, R., 1988 - Alkaline magmatism, major structures, and gold deposits: Implications for greenstone belt gold metallogeny. Economic Geology; volume 83, pages 454-461.

WYMAN, D. - KERRICH, R., 1990 - The genetic association of mesothermal gold deposits with acrretionary plate tectonic regimes. *Dans* Greenstone Gold and Crustal Evolution. *Édité par* F. Robert, P.A. Sheahan et S.B. Green. NUNA Conference Volume, Val-d'Or, Quebec. Association géologique du Canada, Division des Gîtes minéraux; pages 226-227.

ZWENG, P.L. - MORTENSEN, J.K., 1989 - U/Pb age constraints on Archean magmatism and gold mineralization at the Camflo mine, Malartic, Quebec. Abstracts with Programs. Geological Society of America; volume 21, page A351.

ZWENG, P.L. - MORTENSEN, J.K. - DALRYMPLE, G.B., 1993 - Thermochronology of the Camflo gold deposit, Malartic, Quebec: Implications for magmatic underplating and the formation of gold-bearing quartz veins. Economic Geology; volume 88, pages 1700-1721.