



RAPPORT FINAL
2010

Sous projet SC34

**Caractérisation et datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ des structures aurifères
de la région de Val d'Or, Abitibi**

Par

Jérémie Lemarchand*, Alain Tremblay*, Gilles Ruffet,
Claude Gobeil*****

*Université du Québec à Montréal (UQAM), Montréal, Québec

**Geosciences Rennes, CNRS-Université de Rennes 1, Rennes, France

***Corporation minière Alexis, Bureau d'exploration, Val d'Or, Québec
tremblay.a@uqam.ca

**Soumis à l'administration de DIVEX
Juin 2010 – Québec**

RÉSUMÉ

Le projet SC-34 a pour objectif de réaliser une étude structurale et géochronologique de la déformation en relation avec les gisements d'or filoniens de la région de Val d'Or, avec une emphase particulière sur les structures encaissées par le pluton de Bourlamaque. Le projet repose sur une collaboration entre l'université du Québec à Montréal (UQÀM) et l'Université de Rennes I (France) dans le cadre d'un partenariat avec la Alexis Minerals Corporation, qui exploite actuellement le gisement aurifère de la mine du Lac Herbin à Val d'Or et possède près de 80% des permis d'exploration au sein du pluton de Bourlamaque. Les âges isotopiques mesurés dans les gisements d'or de la région de Val d'Or et Malartic en particulier sont variables et leurs relations avec la tectonique régionale demeurent controversées. Les données existantes montrent un caractère apparemment diachronique des minéralisations à l'échelle de la région sud-abitibienne, avec la superposition probable de plusieurs événements hydrothermaux. Deux types de gisements filoniens aurifères sont reconnus : des veines à quartz-carbonates-chlorite pré-métamorphiques (>2696 Ma), et des veines à quartz-tourmaline post-métamorphiques (<2680 Ma). Ces dernières sont encaissées par des cisaillements considérés comme tributaires de la zone tectonique de Cadillac, une structure majeure issue de la déformation régionale dans la ceinture de roches vertes de l'Abitibi. Les travaux de l'année 2009-2010 se sont concentrés sur la synthèse structurale et géochronologique du pluton de Bourlamaque. La cartographie et l'analyse structurale du gisement de Lac Herbin ont été finalisées et de nouvelles analyses isotopiques $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ d'échantillons provenant du gisement mais aussi de cisaillement non minéralisés de surface sont en cours.

1. INTRODUCTION

Le projet SC-34 a pour objectif de réaliser une étude structurale et géochronologique de la déformation en relation avec les gisements d'or filoniens de la région de Val d'Or, avec une emphase particulière sur les structures encaissées par le pluton de Bourlamaque. Le projet repose sur une collaboration entre l'université du Québec à Montréal (UQÀM), le Centre national de la Recherche scientifique (CNRS) et l'Université de Rennes I (France) dans le cadre d'un partenariat avec Alexis Minerals Corporation, qui exploite actuellement le gisement aurifère du Lac Herbin à Val d'Or. Alexis Minerals possède près de 80% des permis d'exploration au sein du pluton de

Bourlamaque ainsi qu'une importante base de données (forages et analyses géochimiques entre autres). Le présent rapport se focalise sur la synthèse structurale et géochronologique du pluton de Bourlamaque (doctorat de J. Lemarchand, qui devrait être complétée lors du cycle universitaire 2011-2012).

1.1. Problématique

Dans les districts miniers de Val d'Or et de Malartic, les relations structurales et temporelles entre les gisements aurifères, la tectonique et le métamorphisme régional demeurent sujets à débats. L'analyse structurale est rendue compliquée par la nature très hétérogène de la déformation régionale (Robert and Poulsen, 2001) et par le développement domaniaux des fabriques structurales. L'âge des minéralisations aurifères reste lui aussi incertain, du fait d'une possible perturbation du signal isotopique liée à plusieurs événements hydrothermaux le long des failles majeures (Powell et al. 1995b) auxquelles est connecté le réseau minéralisé (Neumayr et al., 2000) et du caractère apparemment diachronique des minéralisations à l'échelle de la région sud-abitibienne (Hanes et al. 1992). Les données géochronologiques semblent situer le pic métamorphique vers 2680-2660 Ma (Powell et al., 1995a), tandis que les âges U/Pb et $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mesurés dans divers gisements d'or filoniens sont très variables (Powell et al., 1995b). Plusieurs gisements aurifères montrent apparemment d'importants laps de temps entre la minéralisation et le métamorphisme : environ 60 Ma à Camflo dans le district minier de Malartic (Zweng et al. 1993), 100 Ma à la mine Sigma (district minier de Val d'Or) ou bien encore 70 Ma pour le gisement Davidson-Tisdale en Ontario (Hanes et al. 1992).

Deux événements minéralisateurs sont reconnus dans la région de Val d'Or (Hanes et al., 1992; Couture et al., 1994) et sont associés à deux types de gisements filoniens (Robert, 1994) : (1) des veines « précoces » à quartz-carbonates-pyrite, généralement plissées et boudinées, associées à un événement pré-métamorphique (>2690 Ma), et (2) des veines aurifères « jeunes » (<2680 Ma) à quartz-tourmaline-carbonates-pyrite, préservées de la déformation régionale, recoupant toutes les intrusions de la région et constituant l'essentiel des minéralisations aurifères (Figure 1), qui sont attribuées à un événement post-métamorphique. Ces dernières minéralisations, encaissées par des zones de cisaillement ductile est-ouest (inverses vers le sud ou le nord) typiquement représentées au sein des mines encaissées dans le

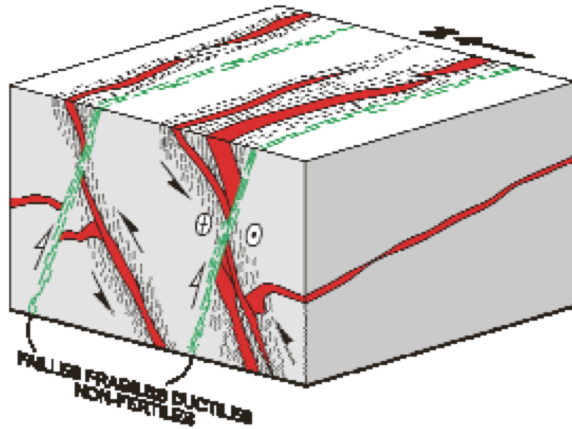


Figure 1 : Bloc diagramme illustrant la géométrie théorique des gisements filoniens aurifères à veines de quartz-tourmaline (d'après Tremblay A., 2009).

pluton de Bourlamaque, sont considérées comme tributaires et contemporaines des circulations hydrothermales de la zone tectonique de Cadillac (ZTC; Robert, 1994), une structure majeure issue de la déformation régionale (Daigneault et al., 2002) ayant drainé les fluides aurifères vers des structures de 2^e et 3^e ordre (Figure 2).

1.2. Objectifs

Ce projet a pour but d'améliorer la compréhension du cadre structural et temporel des minéralisations aurifères filoniennes dans la région de Val d'Or, et ce à travers deux principaux objectifs :

(1) *Volet structural* : le pluton de Bourlamaque (ca. 2700 Ma), objet géologique homogène et isotrope au regard de l'encaissant volcanosédimentaire, doit permettre d'étudier la déformation ductile et cassante en relation avec les minéralisations aurifères filoniennes afin de permettre une nouvelle lecture de l'évolution structurale du camp minier de Val d'Or. Cette approche part du principe que les gisements filoniens encaissés par le pluton de Bourlamaque et les failles qui les recoupent sont représentatifs de ce que l'on voit à plus grande échelle dans les districts miniers de Val d'Or et de Malartic.

(2) *Volet géochronologique* : le batholite (roche quartzo-feldspathique grenue à amphiboles et micas) et ses structures aurifères contiennent une proportion suffisante de minéraux – amphiboles, muscovite, biotite – pouvant faire l'objet de datations ⁴⁰Ar/³⁹Ar (Darling et al. 1985; Belkibir, 1990; Tessier, 1990) et afin de préciser l'âge de formation du batholite, de la

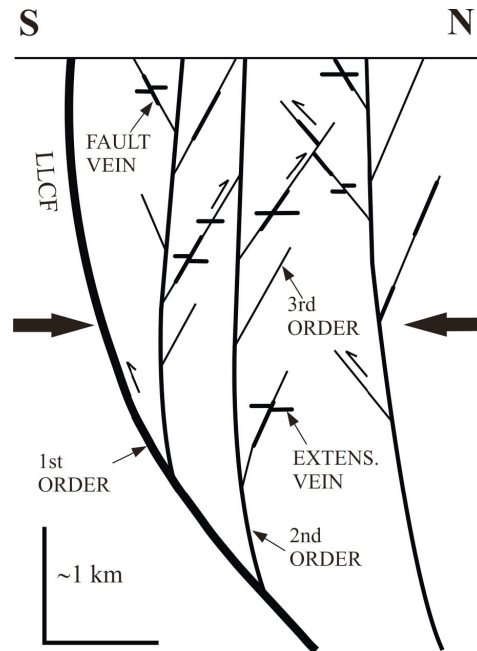


Figure 2 : Relations géométriques entre la faille de Cadillac (LLCF), les structures de 2^e ordre et les structures minéralisées de 3^e ordre (d'après Robert et al. 1995).

déformation et des minéralisations aurifères ainsi que de la déformation ductile-fragile «tardive» recoupant cette minéralisation (Figure 1).

La mise en perspective du cadre structural et géochronologique proposée à travers cette étude doit permettre d'offrir une nouvelle lecture des modèles et critères d'exploration concernant les minéralisations aurifères filoniennes dans la région de Val d'Or, et de réévaluer la relation entre les structures de 2^e et 3^e ordre (qui encaissent les minéralisations) et la ZTC.

1.3. Méthodologie

Les travaux effectués depuis l'été 2009 constituent la poursuite des activités commencées en 2008.

(1) *Finalisation de l'analyse structurale du gisement Lac Herbin* : la cartographie souterraine et l'analyse structurale détaillée de la mine du Lac Herbin en tant que site d'étude privilégié permet entre autres de tester le rôle des dykes dans le contrôle de la mise en place des structures cisailantes, tel que proposé par Belkibir et al. (1993).

(2) *Synthèse des minéralisations filoniennes du pluton de Bourlamaque* : cette synthèse s'articule autour de (i) la visite des mines Beaufor et Beacon

encaissées par le pluton (échantillonnage géochronologique, comparaisons géométriques), (ii) la cartographie d'affleurements de surface, et (iii) la compilation des données disponibles (cartographie, forage, géochimie, etc.) sur l'ensemble des autres gisements aurifères du batholite de Bourlamaque. Des gisements pourront être potentiellement réinterprétés au regard de leurs caractéristiques particulières, tel Wrightbar (Ferkous et Tremblay, 1997). L'absence théorique de fractionnement de la déformation au sein du pluton, contrairement à l'encaissant qui montre d'importantes variations rhéologiques, devrait permettre d'étudier la localisation de la déformation cisailante directement en relation avec les gisements d'or filoniens. S'affranchir du biais lithologique implique une perte de lecture pour certaines phases de déformation, aussi l'histoire de la déformation associée aux minéralisations dans le pluton de Bourlamaque sera reliée aux déformations décrites dans la région de Val d'Or.

(3) *Datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$* : Ces analyses, intégrées dans la problématique du projet de doctorat de J. Lemarchand, se déroulent à l'Université de Rennes I en France, sous l'égide du Dr Gilles Ruffet (CNRS). 28 échantillons sont actuellement en cours de datation et viendront s'ajouter à la 30aine d'âges obtenus suite à la campagne de terrain 2008. Les échantillons sont répartis dans des faciès «frais» et cisailés du pluton de Bourlamaque, sur le site des mines du Lac Herbin, de Beaufor et de Beacon, ainsi que sur des affleurements de surface. Le batholite et ses structures aurifères contiennent une proportion suffisante de minéraux – amphiboles, muscovite, biotite – pouvant faire l'objet de datations $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Darling et al. 1985; Belkibir, 1990; Tessier, 1990) et donc permettant éventuellement de préciser l'âge de formation du batholite, de la déformation et des minéralisations aurifères, ainsi que des structures tardives qui les recoupent. La possibilité de concentrer l'étude géochronologique sur différentes mines, en particulier celle du Lac Herbin, situées dans un même encaissant permettra de s'affranchir d'un possible diachronisme régionale. Les datations permettront d'augmenter le corpus de données existantes, ce qui nous semble indispensable pour mieux apprécier le signal géochronologique des minéralisations de la région de Val d'Or. Les précédentes datations concernant les minéralisations aurifères dans les régions de Val d'Or et Malartic ont été effectuées essentiellement sur des minéraux d'origine hydrothermale associés aux veines de quartz et sur quelques structures antérieures ou postérieures à la minéralisation. Cette approche nous semble trop restreinte pour bien saisir le contexte

temporel des minéralisations aurifères de la région. La datation conjointe de la déformation (mylonite) et des veines minéralisées associées permettra de mieux appréhender leurs relations mutuelles.

2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

L'épisode structural D2 qui est à l'origine du grain structural régional (unités lithologiques orientées Est-Ouest, sub-verticales ou fortement inclinées et parallèles aux fabriques structurales régionales) développe une foliation subverticale Est-Ouest très pénétrative, contenant généralement une linéation d'allongement fortement plongeante traduisant un important raccourcissement Nord-Sud (Robert, 1990). Cet épisode serait associé au pic du métamorphisme régional, dont l'âge est estimé entre 2680 et 2660 Ma par Powell et al. (1995b), et qui est au faciès des schistes verts inférieur à moyen (Robert et al., 1995).

Imreh (1984) et Scott et al. (2002) proposent une approche stratigraphique de la région de Val d'Or tandis que Desrochers et al. (1996) définissent le bloc composite de Malartic par une approche structurale (Figure 3). Les roches volcaniques de la Formation de Val d'Or ont livré des âges U-Pb sur zircons de 2705 ± 1 and 2706 ± 3 Ma (Machado et al., 1991; Wong et al., 1991).

La zone tectonique de Cadillac (ZTC), qui s'étend sur plus de 200 km avec un pendage de 60-80° vers le nord, constitue une structure de 1er ordre dans la région (Figure 2; Robert, 1994). Les mouvements associés à cette faille sont complexes, et la superposition d'éléments décrochants sur les évidences de mouvements inverses, ces derniers étant attribués à une phase précoce de compression Nord-Sud (Dimroth et al., 1983; Hubert et al., 1984; Robert, 1990; Chown et al., 1992; Benn et al., 1994), suggèrent la réactivation de structures préexistantes (Daigneault, 1996). Le district minier de Val d'Or est affecté par de nombreux cisaillements Est-Ouest subparallèles à cette structure et au grain structural de la région (Figure 4). Selon Robert (1994), les cisaillements de 2° ordre (considérées comme des failles inverses) s'étendent latéralement sur 1 à 10 km tandis que de nombreuses structures de 3° ordre, avec un pendage de 35 à 75° vers le Nord ou le Sud, montrent une extension inférieure à 1 km. Ces dernières forment les principales structures encaissant la minéralisation filonienne aurifère à quartz-tourmaline du district de Val d'Or (Robert, 1990).

Le pluton de Bourlamaque (2700 ± 1 Ma; Wong et al., 1991), une intrusion syn-volcanique calco-alcaline (Campiglio and Darling, 1976), encaisse une

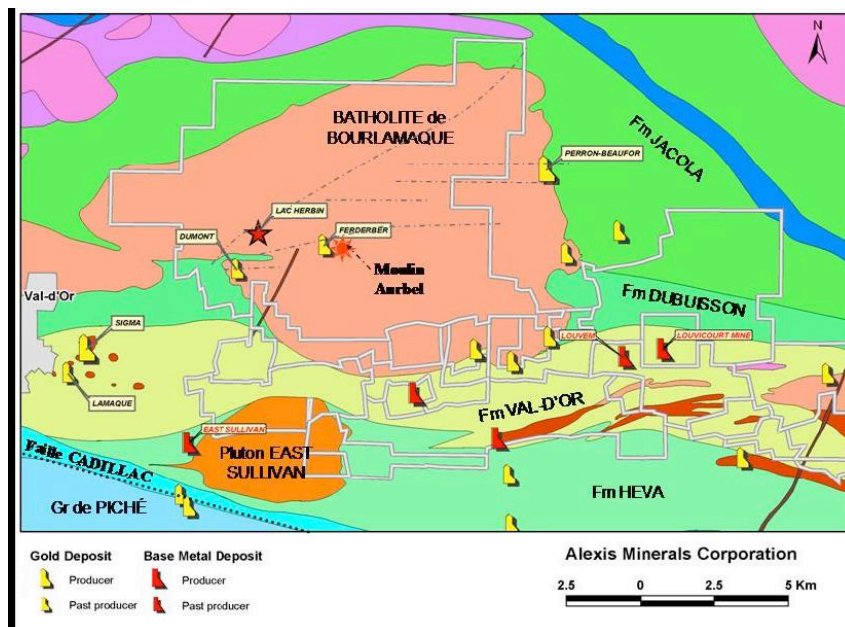
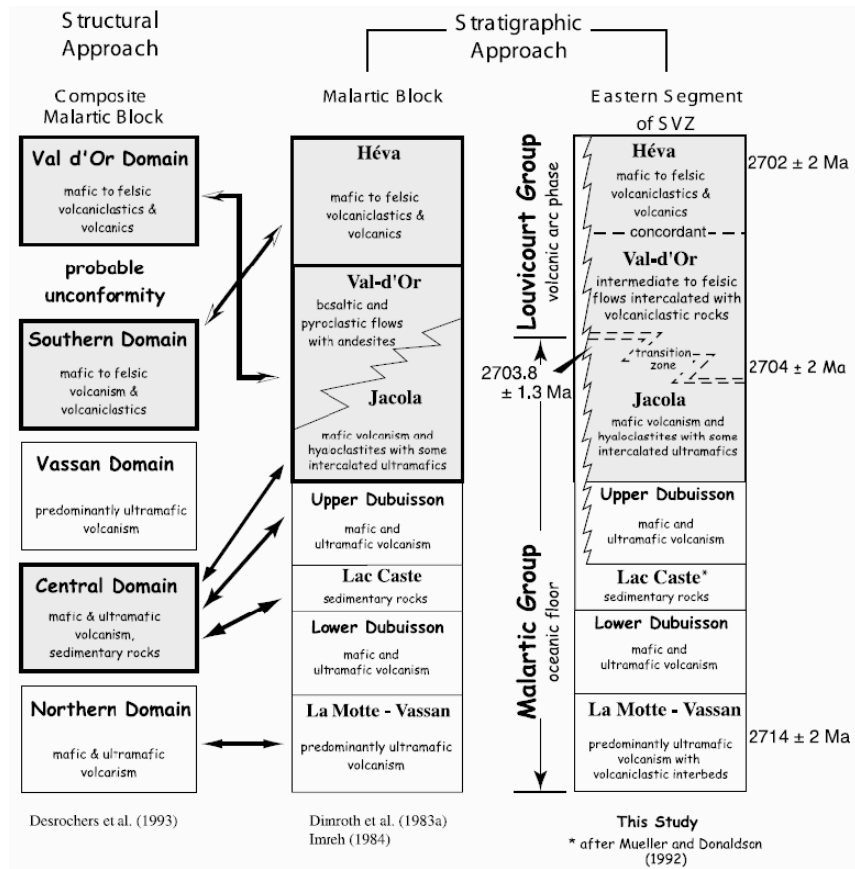


Figure 3 : A) Colonnes stratigraphiques composites représentant les différentes interprétations selon les approches structurale et stratigraphique pour les groupes de Malartic et de Louvicourt. Les domaines équivalents sont reliés par les doubles flèches (Scott et al. 2002). B) Carte géologique simplifiée de la région de Val d'Or (extrait d'une présentation Alexis Minerals pour le CONSOREM, Grondin, O.).

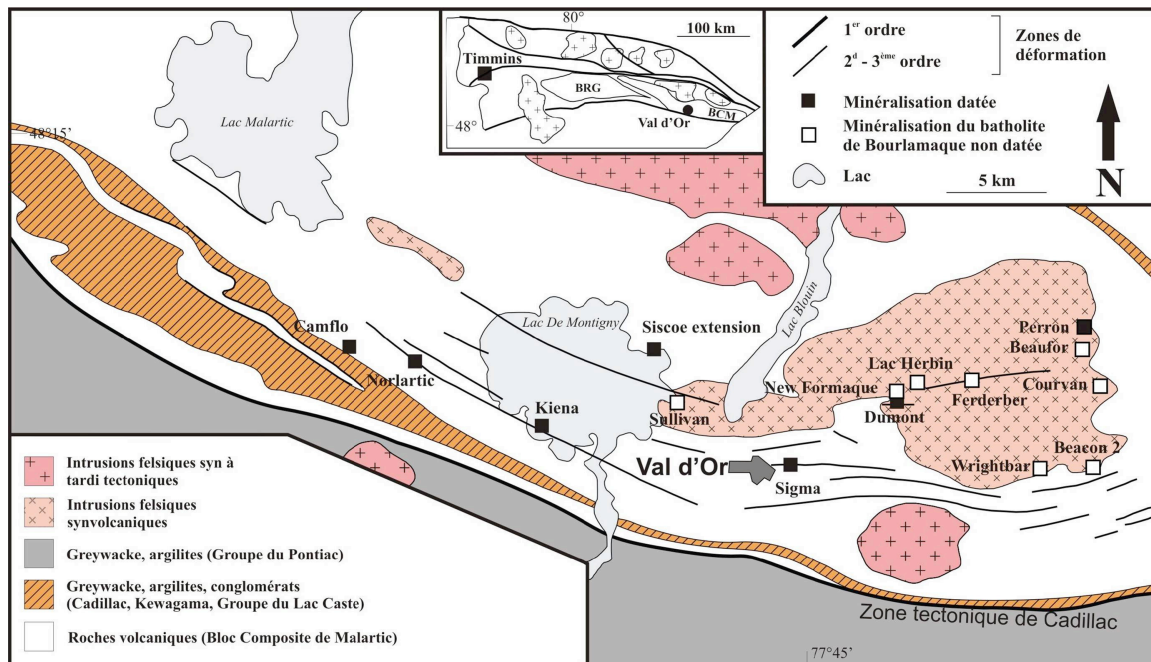


Figure 4 : Carte géologique simplifiée de la région de Val d'Or, montrant les zones de déformation cisailante de 1^{er}, 2nd et 3^{ème} ordre. Les gisements connus au sein du pluton de Bourlamaque sont localisés, ainsi que les minéralisations datées. BCM : Bloc composite de Malartic. BRG : Blake River Group. Modifié d'après Neumayr et al. (2000).

dizaine de gisements aurifères filoniens à quartz-tourmaline dans des corridors de déformation intense correspondant à des zones mylonitiques. Plusieurs générations de dykes, qui semblent tous affectés par le métamorphisme régional, ont été rapportées au sein du batholite : des dykes felsiques précoces (aplités et pegmatites) et des dykes mafiques (dioritique) qui recoupent les dykes felsiques (Trudel, 1985; Belkabar, 1990; Tessier, 1990). La déformation au sein du pluton est hétérogène et variable en intensité (Taner et Trudel, 1989) et de larges zones non déformées sont préservées.

Des dykes de diabase d'âge protérozoïque recoupent toutes les lithologies et structures de la région de Val d'Or.

3. RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Les travaux de terrain de l'été 2009 ont permis de compléter l'étude du gisement du Lac Herbin. De nombreux affleurements de surface ont également été répertoriés et plusieurs ont été cartographiés en détail lorsque leur état le permettait. Le travail de synthèse cartographique concernant la structuration de l'intrusion sera donc effectuée dans le courant de l'année universitaire 2010-11.

3.1. Analyse structurale du gisement du Lac Herbin

La saison 2009 a été en partie consacrée à finaliser l'acquisition de données structurales sur la mine du Lac Herbin afin d'en proposer une synthèse.

Comme pour les autres mines d'or filonien encaissées par le pluton de Bourlamaque, la granodiorite formant la lithologie principale de la mine du lac Herbin est recoupée par différents types de dykes subverticaux ou à fort pendage; des dykes mafiques (aphanitiques ou porphyriques), fréquents, et des dykes felsiques (aplitiques ou pegmatitiques), plus rares. Les observations au Lac Herbin semblent confirmer que les dykes mafiques recoupent généralement les dykes felsiques (Belkabar 1990 ; Tessier 1990). Toutefois, un dyke felsique porphyrique cisailé d'épaisseur métrique a été observé recoupant un dyke mafique. Bien que d'attitudes très variables, il semble se dessiner préférentiellement 2 familles, OSO-ENE et N-S, sans relation apparente avec la composition des dykes. Belkabar et al. (1993) a proposé un contrôle rhéologique des dykes mafiques sur la localisation des cisaillements aurifères pour les mines Dumont,

New Formaquet et Ferderber. Cette relation semble être à nuancer pour le gisement du Lac Herbin.

3.1.1. Structures minéralisées

Les minéralisations sont encaissées dans 6 zones cisailantes principales, à pendage généralement fort vers le sud et orientées E-O à OSO-ENE. Des structures synthétiques, peu minéralisées, se développent à partir de ces cisaillements principaux selon une orientation NO-SE (Figure 5). Il semble que le développement des structures minéralisées principales ne soit pas contrôlé par les dykes, comme en témoigne le découplage entre la zone HW et un dyke felsique porphyrique cisailé au niveau 17 (Figure 7A). Par contre, les structures synthétiques secondaires semblent bien se développer au niveau de dykes mafiques, comme en témoignent les zones S2 et WE (cas de la jonction S2/S3 - Figure 7B). Le modèle proposé pour le gisement de Beaufor (Tremblay, 2001) montre la même configuration (Figures 6 et 8). Il est à noter qu'à Beaufor la minéralisation est encaissée par les structures secondaires associées à ces dykes mafiques. Il semblerait donc que la « maturation structurale » ne soit pas la même entre ces deux gisements, avec des structures secondaires au Lac Herbin qui ne se développent que tardivement au cours de l'histoire hydrothermale (injection « timide » de la minéralisation au niveau de ces structures synthétiques secondaires). Au contraire, à Beaufor, les structures synthétiques se sont probablement développées précocement dans l'histoire hydrothermale, permettant d'y piéger efficacement la minéralisation. Les structures cisailantes principales, à fort pendage, correspondent probablement à la réactivation de structures préexistantes, tandis que les structures synthétiques se développent à la faveur de l'évolution mécanique du système et sont vraisemblablement contrôlées par les dykes mafiques.

3.1.2. Structures tardives

Plusieurs structures sont considérées comme tardives (post minéralisation) malgré le manque de recoupements clairs avec les zones minéralisées. Hormis la zone HW3, qui recoupe clairement la minéralisation (Figure 5), et S4 dans une moindre mesure, les zones cisailantes au sud du gisement sont considérées comme tardives par leurs similitudes avec HW3 et S4 (absence de minéralisation, jeu décrochant plus marqué en particulier) et par leur attitude et cinématique qui sont comparables avec le modèle proposé à Beaufor (Figure 6). La Faille Lac Herbin Sud (FLHS – Figure 5) est considérée comme l'équivalent des failles Beaufor et Beacon qui

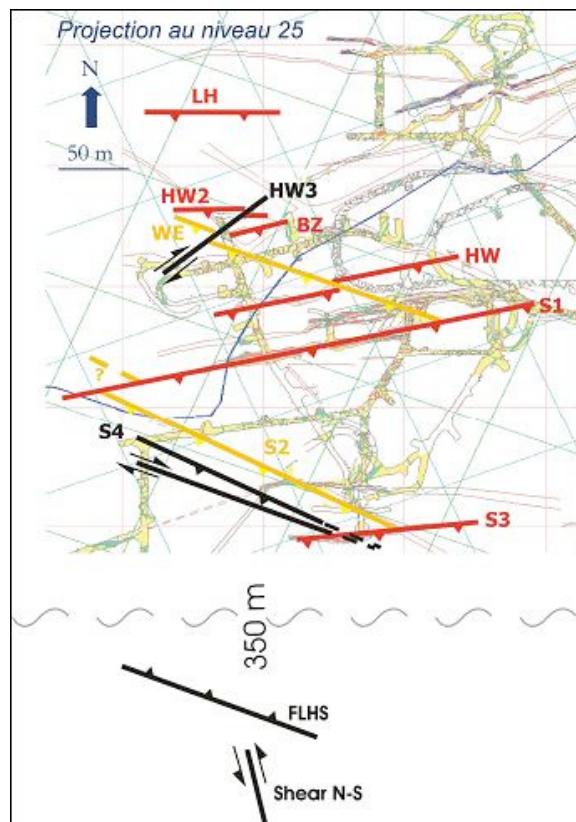


Figure 5 : Représentation schématique des principales structures du gisement du Lac Herbin projeté au niveau 25. Rouge : structures majeures minéralisées. Jaune : structures secondaires synthétiques aux zones minéralisées. Noir : Failles postminéralisation.

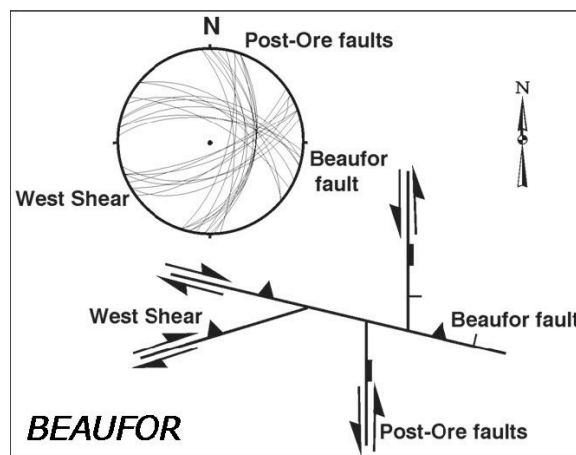


Figure 6 : Géométrie des structures post-minéralisation à Beaufor (Tremblay, 2001).

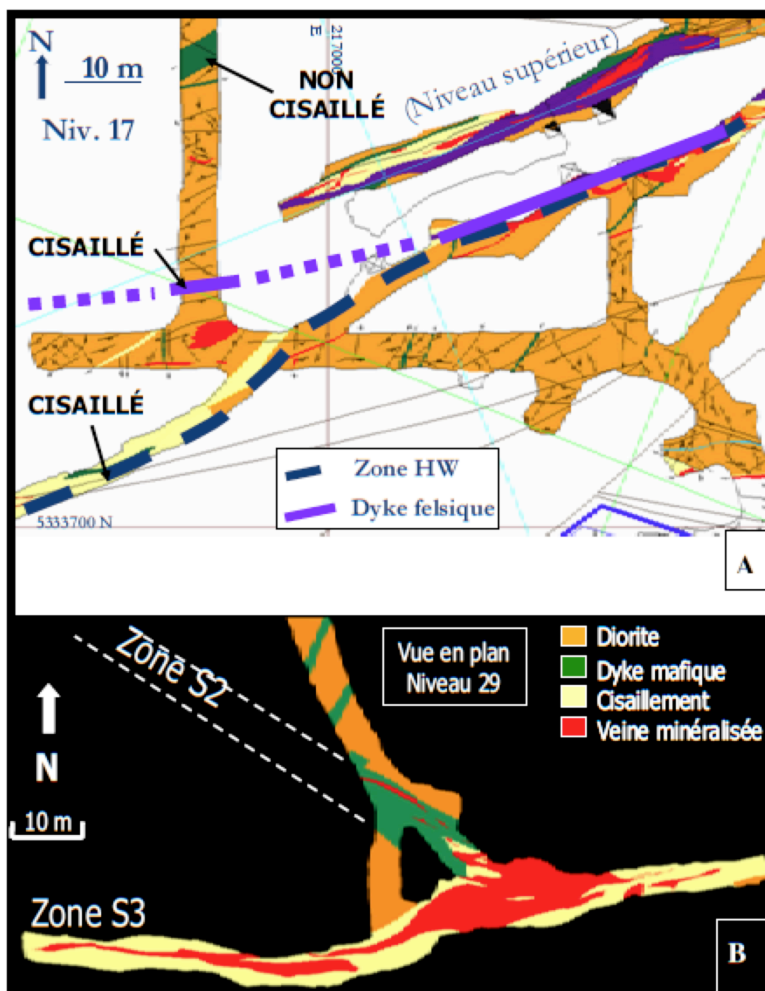


Figure 7 : A) Découplage entre la structure minéralisée HW et un dyke felsique porphyrique (gisement du Lac Herbin). B) Rôle des dykes mafiques dans le développement des structures synthétiques (ici S2) à partir des structures majeures minéralisées (gisement du Lac Herbin).

recoupent le système aurifère dans les gisements éponymes (Tremblay, 2001).

Ont également été observées des failles discrètes avec gouge, globalement orientées NO-SE et NE-SO, qui décalent les minéralisations avec un jeu apparent respectivement dextre et senestre compatible avec une compression N-S. Ces décalages de 10m maximum sont visibles sur les cartographies des gisements du Lac Herbin et de Dumont.

3.2. Volet géochronologique

La méthode de datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, dérivée de la méthode $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$, permet de dater toutes phases minérales contenant du ^{40}K . La présence de minéraux

analysables par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ est avérée dans le pluton de Bourlamaque, masse intrusive isotrope de roches grenues. La roche non déformée contient jusqu'à 7% de hornblende. Darling et al. (1985) et Belkibir (1990) ont observé une bonne proportion de mica blanc dans certaines zones de cisaillement (environ 15%), et de la séricite est également présente dans les veines de quartz minéralisées (Tessier, 1990). Le pluton de Bourlamaque offre donc la possibilité théorique de mesurer des âges isotopiques correspondant à la cristallisation de l'intrusion et à la déformation associée aux filons aurifères. Les résultats de datation $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ sur micas blancs sont susceptibles de représenter une bonne approximation de l'âge du paroxysme du métamorphisme régional, au faciès schistes verts. Les

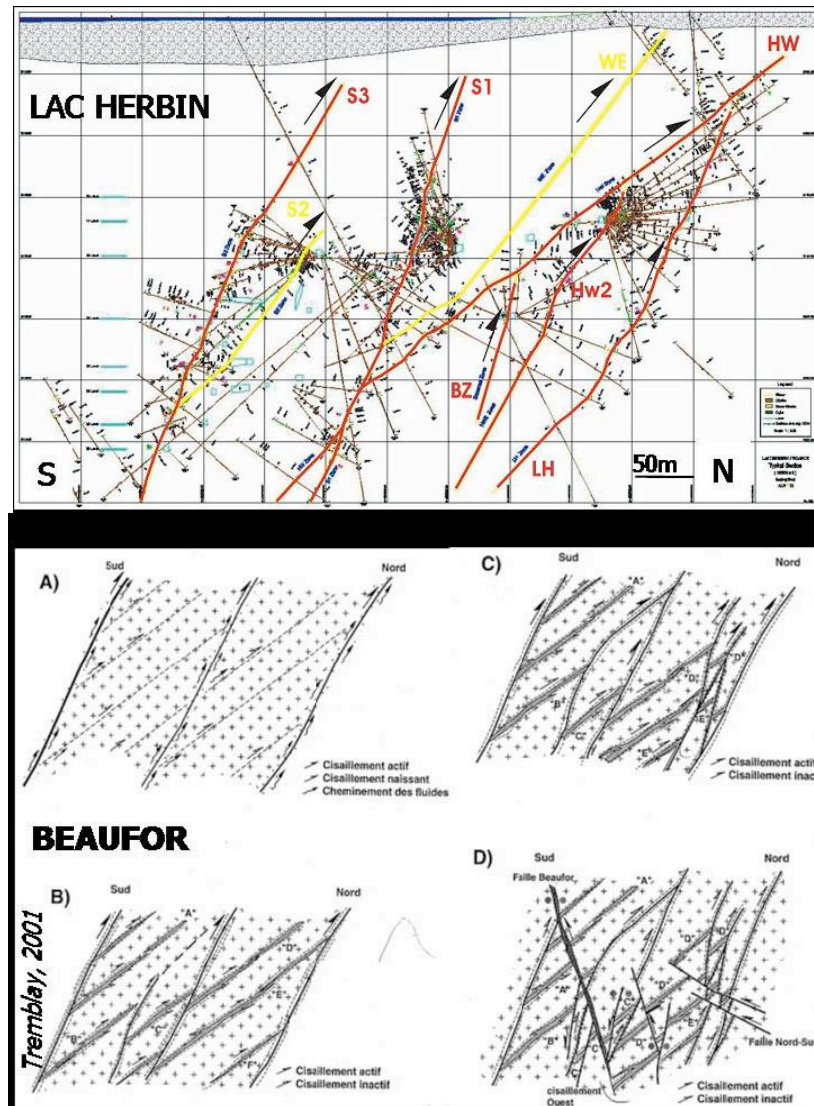


Figure 8 : Comparaison de la géométrie en coupe des zones minéralisées des gisements du Lac Herbin (a, failles post-minéralisation non représentées) et Beaufor (b).

structures aurifères de la région de Val d'Or n'ont a priori pas été affectées par des événements thermiques ou tectoniques postérieurs (Robert, 1994), hormis la présence locale de failles tardives essentiellement « sèches » (Vu et al., 1987; Belkabar, 1990; Tessier, 1990; Tremblay, 2001; Williamson, 2001) de bas grade métamorphique. Le signal géochronologique syn-minéralisation devrait donc avoir été préservé.

La campagne de datation de 2009, effectuée sur les échantillons prélevés en 2008, montre en première interprétation une histoire thermique des zones minéralisées déconnectée de l'histoire du

refroidissement du pluton (Figure 9). Les amphiboles montrent des âges compatibles avec la cristallisation du pluton et des âges plus jeunes associés à un événement perturbateur qui reste à préciser. Le fonctionnement des zones mylonitiques qui encaissent les minéralisations semble se poursuivre après la mise en place des veines de quartz aurifères. Au cours de l'été 2009, 45 échantillons de roches (19 au Lac Herbin, 2 à Beaufor et 24 en surface sur le batholite de Bourlamaque) ont été recueillis pour compléter les données obtenues en 2008. Une analyse détaillée de l'ensemble des spectres d'âges sera nécessaire pour appréhender au mieux l'âge des minéralisations et des cisaillements associés.

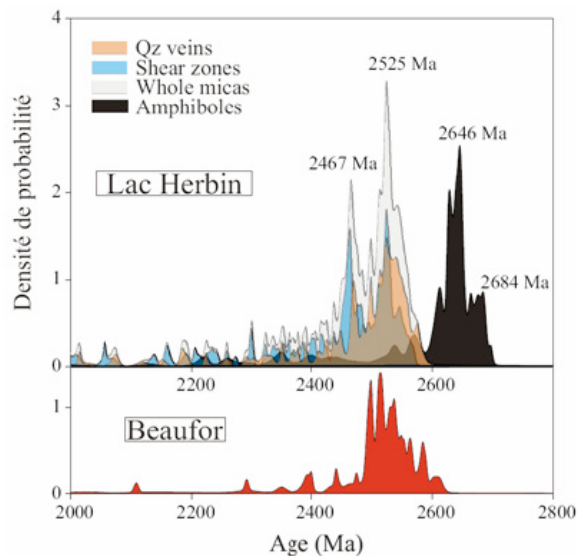


Figure 9 : Résultats préliminaires issus de la campagne de datation effectuée en 2009. Les amphiboles proviennent de l'encaissant granodioritique tandis que les micas sont issus des zones de cisaillements et veines de quartz minéralisées associées.

4. CONCLUSIONS

Les travaux effectués sur la thématique du batholite de Bourlamaque depuis l'été 2009 ont permis de proposer une relecture du contrôle structural de certains gisements du pluton, avec la réactivation de structures préexistantes à fort pendage sud, à partir desquelles se développent un réseau de failles synthétiques vraisemblablement contrôlé par la présence de dykes mafiques et qui peuvent encaisser la minéralisation comme à Beaufor. Un réseau de failles tardives qui démembrement une partie des gisements encaissés par le pluton, avec un impact sur leurs géométries, témoigne de la nature polyphasée de la déformation régionale. 4 structures tardives appartenant à ce système sont répertoriées dans le batholite : (1) la faille Beaufor : une faille cassante recoupant le système aurifère filonien de la mine Beaufor (Tremblay, 2001), (2) la faille Beacon : une structure cassante recoupant les filons aurifères à quartztourmaline de la mine Beacon (Williamson, 2001), (3) la zone «K» : une autre structure cassante recoupant les veines aurifères de la mine Siscoe (Sauvé et al., 1993), et (4) la faille Lac Herbin Sud : une faille similaire à celles sus-citées recoupant potentiellement en profondeur le système aurifère filonien de la mine Lac Herbin. Ces failles ont une

présence régionale, comme le montre celles répertoriées dans le rapport de 2009 : cisaillements de Marbénite et de «Métanor», cisaillement de Dunraine qui recoupe le gisement de sulfures massifs de la mine Louvicourt. La combinaison des données structurales et des analyses isotopiques $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ devrait nous permettre de réévaluer le contexte des minéralisations aurifères dans la région de Val d'Or.

5. RÉFÉRENCES

- Belkabar, A., 1990. Géologie du gisement filonien d'or Dumont et géochimie de ses épontes altérées, Val-d'Or, Québec. Université de Montréal, Mémoire de Maîtrise.
- Belkabar, A., Robert, F., Vu, L. & Hubert, C., 1993. The influence of dikes on auriferous shear zone development within granitoid intrusions: the Bourlamaque pluton, Val d'Or district, Abitibi greenstone belt. *Canadian Journal of Earth Sciences* 30: 1924 – 1933.
- Benn, K., Miles, W., Ghassemi, M.R., & Gillet, J., 1994. Crustal structure and kinematic framework of the northwestern Pontiac subprovince, Quebec: An integrated structural and geophysical study: *Canadian Journal of Earth Sciences*, 31: 271–281.
- Campiglio, C. & Darling, R., 1976. The geochemistry of the archean Bourlamaque batholith, Abitibi, Québec. *Canadian Journal of Earth Sciences* 13: 972 - 986.
- Chown, E.H., Daigneault, R., Mueller, W., & Mortensen, J.K., 1992. Tectonic evolution of the Northern volcanic zone, Abitibi belt, Canada: *Canadian Journal of Earth Sciences* 29: 2211–2225.
- 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* 89: 1542 - 1551.
- Daigneault, R., 1996. Couloirs de déformation de la sous-province de l'Abitibi. Ministère des Ressources Naturelles MM 91-03, 114p.
- Daigneault, R., Mueller, W. U. & Chown, E. H., 2002. Oblique archean subduction: accretion and exhumation of an oceanic arc during dextral transpression, Southern Volcanic Zone, Abitibi Subprovince Canada. *Precambrian Research* 115: 261 - 290.
- Darling, R., Vu, L., Popov, V., Dussault, C., Waitzenegger, B. (1985). Géologie de la mine

- Belmoral - Région de Val d'Or. Ministère de l'Énergie et des Ressources MB 85-41, 47p.
- Desrochers, J.-P. & Hubert, C., 1996. Structural evolution and early accretion of the Archean Malartic composite block, southern Abitibi greenstone belt, Québec, Canada: *Canadian Journal of Earth Sciences* 33: 1556–1569.
- Dimroth, E., Imreh, L., Goulet, N. & Rocheleau, M., 1983. Evolution of the south-central segment of the Archean Abitibi belt, Quebec. Part II: Tectonic evolution and geomechanical model: *Canadian Journal of Earth Sciences* 20: 1355–1373.
- Ferkous, K., Tremblay, A. (1997). Analyse structurale de la minéralisation aurifère de la mine Wrightbar, Val d'Or, Abitibi. Rapport final pour le compte de la Corporation LITHOS, 70 p.
- Grondin, O., Gobeil, C., Lemarchand, J., 2009. Mine Lac Herbin et propriété Aurbel : Approches d'exploration dans un contexte géologique classique. Rapport Alexis Minerals pour le CONSOREM.
- Hanes, J. A., Archibald, D. A. & Hodgson, C. J., 1992. Dating of archean auriferous quartz vein deposits in the Abitibi greenstone belt, Canada: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ evidence for a 70- to 100-m.y.-time gap between plutonism-metamorphism and mineralization. *Economic Geology* 87: 1849 - 1861.
- Hubert, C., Trudel, P., & Gelinas, L., 1984. Archean wrench fault tectonics and structural evolution of the Blake River Group, Abitibi belt, Canada: *Canadian Journal of Earth Sciences* 21 : 1024–1032.
- Imreh, L., 1984. Sillon La Motte-Vassan et son avant-pays méridional: synthèse volcanologique, lithostratigraphique et géologique: Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, MM 82-04, 72 pages.
- Machado, N., Philippe, S., David, J. & Gariépy, C., 1991. Géochronologie U- Pb du territoire québécois: Fosses du Labrador et de l'Ungava et Sous-province de Pontiac: Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec, MB 91-07, 50 p.
- Neumayr, P., Hagemann, S. G., Couture, J.-F. (2000). Structural setting, textures, and timing of hydrothermal vein systems in the Val d'Or camp, Abitibi, Canada: implications for the evolution of transcrustal, second and third-order fault zones and gold mineralization. *Can. J. Earth Sci.* 37: 95 - 114.
- Powell, W. G., Carmichael, D.M., Hodgson, C.J. 1995a. Conditions and timing of metamorphism in the southern Abitibi greenstone belt, Québec. *Can. J. Earth Sci.* 32: 787-805.
- Powell, W. G., Hodgson, C. J., Hanes, J. A., Carmichael, D. M., McBride, S. & Farrar, E., 1995b. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological evidence for multiple postmetamorphic hydrothermal events focused along faults in the southern Abitibi greenstone belt. *Canadian Journal of Earth Sciences* 32: 768 - 786.
- Robert, F., 1994. Vein fields in gold districts: the exemple of Val d'Or, southeastern Abitibi subprovince, Québec. Geological Survey of Canada Paper 94-1C: 295-302.
- Robert, F., 1990. An overview of gold deposits in the eastern Abitibi Subprovince. *Canadian Institute of Mining and Metallurgy, Special Volume* 43: 93-105.
- Robert, F., Boullier, A.-M., Firdaus, K. (1995). Gold-quartz veins in metamorphic terranes and their bearing on the role of fluids in faulting. *Journal of Geophysical Research* 100 (B7): 12861 - 12879.
- Robert, F., Poulsen, K. H. (2001). Vein formation and deformation in greenstone gold deposits. *Society of Economic Geologists Reviews* 14: 111-155.
- Sauvé, P., Imreh, L., & Trudel, P., 1993. Description des gîtes d'or de la région de Val-d'Or: Ministère des Ressources Naturelles du Québec MM 91-03, 178 p.
- Scott, C. R., Mueller, W. U. & Pilote, P., 2002. Physical volcanology, stratigraphy, and litho-geochemistry of an Archean volcanic arc: evolution from plume-related volcanism to arc rifting of SE Abitibi Greenstone Belt, Val d'Or, Canada. *Precambrian Research* 115: 223-260.
- Taner, M. F., Trudel, P. (1989). Bourlamaque batholith and its gold potential, Val d'Or, Québec. *CIM Bulletin* 82: 33-42.
- Tessier, A., 1990. Structural évolution and host rock dilation during emplacement of gold-quartz vein at the Perron deposit, Val-d'Or, Québec. Queen's University, M. Sc. Thesis, 242p.
- Tremblay, A., 2001. Postmineralization faults in the Beaufor gold deposit, Abitibi Greenstone Belt, Canada: geometry, origin, and tectonic implications for the Val d'Or mining district. *Economic Geology* 96: 509– 524.
- Tremblay, A. 2009. Présentation Québec Exploration.
- Trudel, P. (1985). Géologie de la mine Perron - Région de Val-d'Or. Ministère de l'Énergie et des Ressources MB 85-39, 30p.
- Vu, L., Darling, R., Beland, J., Popov, V. (1987). Structure of the Ferderber gold deposit, Belmoral Mines Ltd., Val d'Or, Québec. *CIM Bulletin* 80: 68-77.

Williamson, K., 2001. Analyse structurale des zones aurifères et chronologie des événements géologiques à la mine Beacon 2. Université Laval, Thèse de Maîtrise, 111 p.

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* 104: 325-336.

Zweng, P. L., Mortensen, J. K. & Dalrymple, G. B., 1993. Thermochronology of underplating and the formation of gold-bearing quartz veins. *Economic Geology* 88: 1700 - 1721.