



RAPPORT ANNUEL
2007

Sous projet SC23

Les minéralisations porphyriques aurifères de Malartic

Par

Michel Jébrak*, Christian Beaulieu*

* Département de des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère, Université du Québec à Montréal
(UQAM), Montréal, Québec
jebrak.michel@uqam.ca

**Soumis à l'administration de DIVEX
juillet, 2007 – Québec**

DIVEX, INRS, Eau Terre Environnement, 490 de la Couronne, Québec, Québec G1K 9A9
Tél. : (418) 654-2652; Fax : (418) 654-2600; Courriel : info@divex.ca; Site web : www.divex.ca

RÉSUMÉ

Les minéralisations porphyriques en or de Malartic constituent un nouveau style de minéralisation dans la province de l'Abitibi. Dans le cadre d'un projet DIVEX, deux thématiques ont été particulièrement investiguées : d'une part l'évolution structurale, en mettant l'accent sur les brèches (équipe de l'UQAM), d'autre part, la géochimie du stock plutoniques et des altérations (équipe de l'Université McGill).

Les premiers résultats de l'étude structurale montrent la présence de trois types de brèches, correspondant à des ciments de nature différente. Les brèches à ciment de biotite, calcite et quartz sont les mieux minéralisées et sont les seules présentes au contact du porphyre et de son encaissant. Elles montrent la plus forte complexité des fragments, indicateur d'un fort échange entre les fluides hydrothermaux et les grauwackes. Deux autres types de brèches ont été reconnus, mais présentent un plus faible contenu en or : les brèches silicifiées, légèrement enrichies en or, et des stockwerks qui ne montrent pas de traces de corrosion. Une étude statistique des corrélations entre la teneur en or et les observations macroscopiques sur les altérations confirme les observations sur les brèches, et notamment la relation entre la calcite et l'or.

1. INTRODUCTION

Les minéralisations porphyriques archéennes sont peu abondantes. Toutefois, au cours de ces dernières années, plusieurs gisements qui présentent des caractéristiques porphyriques ont été mis en production, en particulier en Australie (Boddington) et dans la Province du Supérieur (Troilus; Goodman *et al.*, 2005; Brulotte, 2006). Plusieurs indices présentent des caractéristiques similaires en Abitibi, en particulier à Launay (Jébrak et Doucet, 2002). Toutefois, ces minéralisations archéennes restent mal comprises puisqu'elles montrent à la fois des contrôles pétrologiques et structuraux. On a ainsi ré-interprété la plupart de ces minéralisations comme des variantes particulières de gisements orogéniques, ce qui laisse les explorateurs miniers sans guide spécifique d'exploration.

Le projet vise à documenter et à reconnaître l'origine des minéralisations aurifères de Malartic au sud de l'Abitibi. Ce district a produit plus de 35x10⁶ t à 3,95 g/t Au entre 1935 et 1983. Bien que le district soit localisé le long de la faille Cadillac – Larder Lake, ces minéralisations sont très particulières du fait de leur caractère disséminé et de leur contrôle par des niveaux vraisemblablement métagénétiques silicifiés dans les turbidites du Groupe de Pontiac (Derry, 1939; Sanfaçon et Hubert, 1990). Elles avaient été interprétées jusqu'ici comme des formes particulières de gisement mésothermal. Mais ces minéralisations sont également largement contrôlées à l'échelle régionale par des intrusifs (Consorem, inédit). Sur la base d'une nouvelle compilation des données, et de plus de 20 000 m de nouveaux forages carottés, la compagnie Osisko propose une ré-interprétation selon un modèle porphyrique où les minéralisations disséminées en or apparaissent au sommet d'un porphyre dioritique (Wares, 2006). La ressource aurifère inférée a récemment été évaluée à environ 175 x 10⁶ tonnes à 1,2 g/t Au.

Ce gisement apparaît donc très original en Abitibi. Plusieurs questions seront abordées : le district de Malartic est-il effectivement de nature porphyrique ? Quelle est la nature des brèches ? Le contrôle structural est-il synchrone ou postérieur à l'emplacement des minéralisations ? Quelles sont les relations entre les silicifications (cherts) et les minéralisations ? Peut-on prévoir la localisation des concentrations aurifères comparables ?

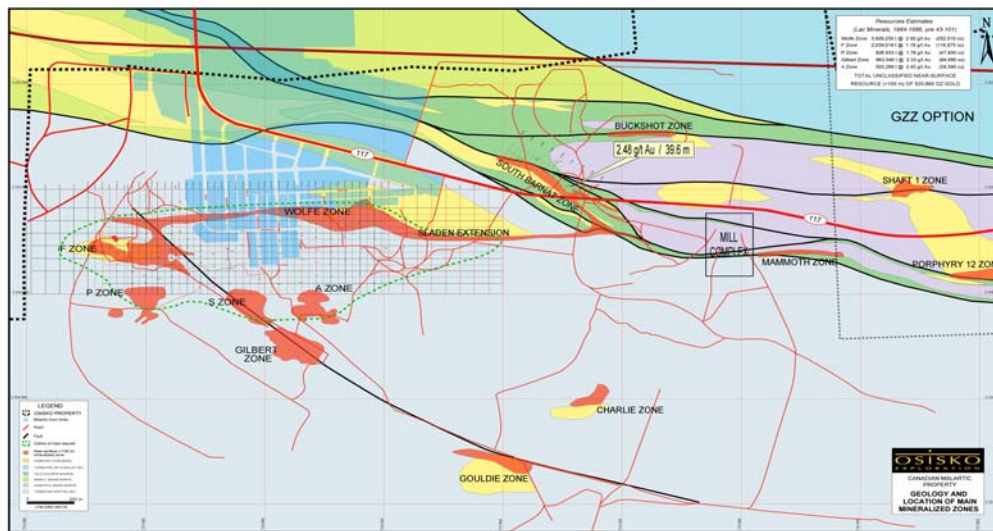


Figure 1 : Localisation et géologie des principales zones minéralisées de Canadian Malartic. La majorité de celles-ci se retrouvent à l'intérieur des sédiments du Pontiac, souvent à proximité d'un intrusif dioritique.

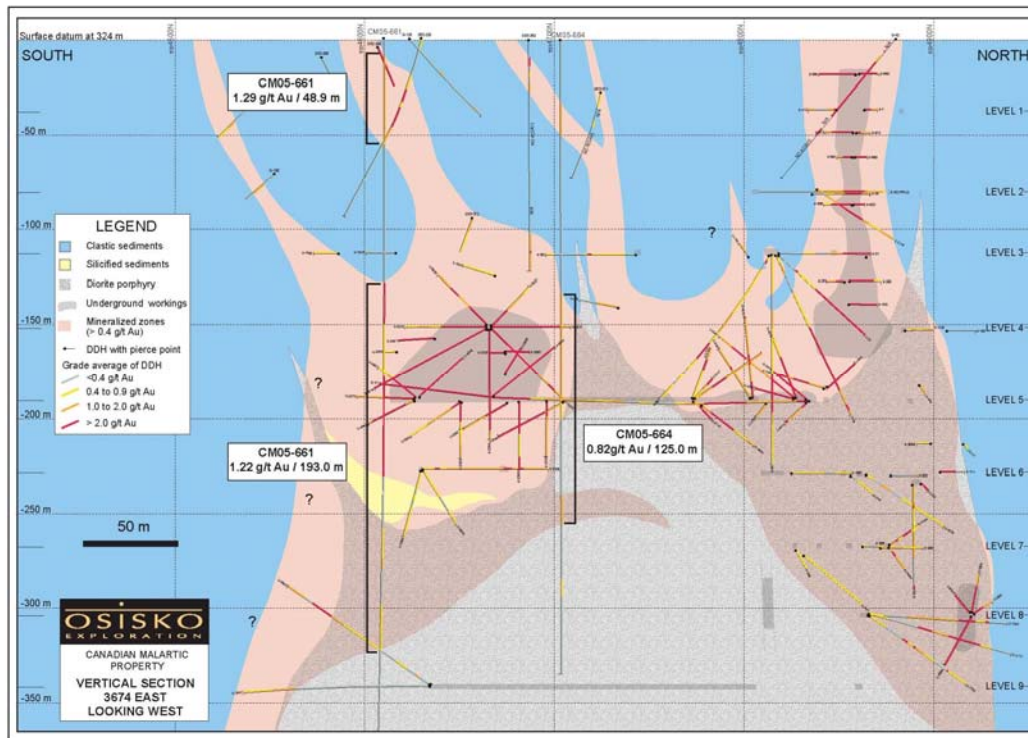


Figure 2 : Coupe de la section 3674 Est (dans la partie occidentale du gisement principal), montrant la relation entre l'intrusif porphyrique et la minéralisation (en rose). Les zones subverticales minéralisées pourraient-elles représenter des breccia pipes ?

2. MÉTHODOLOGIE

Dans le cadre de ce projet DIVEX, deux thématiques ont été particulièrement investiguées : d'une part l'évolution structurale, en mettant l'accent sur les brèches (équipe de l'UQAM), d'autre part, la géochimie du stock plutoniques et des altérations (équipe de l'Université McGill). On présentera ici seulement le volet structural.

Le sous-projet s'est appuyé sur 3 volets à ce jour.

2.1. Analyse des brèches à partir des forages carottés conservés à Malartic

Les forages suivants ont été étudiés :

CM05-661, CM05-665, CM05-669, CM05-671, CM05-684, CM05-690, CM06-695, CM06-696, CM06-697, CM06-698, CM06-700, CM06-701, CM06-702, CM06-705, CM06-712, CM06-715, CM06-717, CM06-725, CM06-728, CM06-731, CM06-732, CM06-733, CM06-735, CM06-736, CM06-738, CM06-744, CM06-753, CM06-755, CM06-756, CM06-758, CM06-767, CM06-776, CM06-777, CM06-778, CM06-787, CM06-802, CM06-804, CM06-812 et CM06-819.

Tous ces forages proviennent de la zone principale du gisement de Canadian Malartic (voir quadrillé à la figure 1).

On s'est particulièrement attaché à réaliser une cartographie détaillée des brèches à partir des forages avec utilisation du logiciel « Breccia Digital Recognition » (BDR) (Pouradier et Jébrak, 2007). Ce logiciel, sous forme de base de données, permet d'établir un recueil de brèches provenant de différents environnements géologiques. À l'aide des cases à cocher, menus déroulants ou des zones de texte à remplir, un grand nombre de renseignements descriptifs peuvent être introduits, notamment la nature des fragments et de la matrice. Le logiciel BDR intègre également un logiciel permettant de dresser un portrait-robot de la brèche. Ce portrait-robot permet d'extraire des valeurs numériques (de 0 à 10) pour chacun des paramètres descriptifs d'une brèche, soit : la distribution granulométrique, la dilatation, l'allongement, l'arrondissement, la complexité et la fabrique. Cette étude a également permis de disposer de premiers résultats concernant les relations entre la silicification et la fragmentation

2.2. Analyse statistique de la distribution des minéralisations en or et des lithologies reconnues dans les forages

Les données disponibles étaient celles des diagraphies de forages, décrites à chaque mètre et demi. Les forages qui ont été inclus dans cette étude sont les mêmes que ceux énumérés ci-haut. Au total, 7387 échantillons, d'une moyenne d'environ 1,5 mètre, sont représentés sur ces graphiques.

Tous les renseignements décrits sur chaque échantillon ont été analysés par rapport à la teneur en or, tels que : les différentes lithologies, les degrés d'altération (altération générale, calcite, silice et pyrite) et le réseau de veines – veinules – cheveux. À noter que dans le cas des altérations et du réseau de veines, toutes les combinaisons entre chaque paramètre ont aussi été interprétées puisqu'il s'agissait d'une description quantitative (par exemple, les valeurs de veines ont été additionnées à celles des veinules, puis à celles des cheveux, et ainsi de suite pour chaque combinaison possible). Pour les altérations, il s'agissait généralement d'une valeur entre 0 et 10, tandis que pour les veines, il s'agissait de valeurs principalement entre 0 à 6 (à noter que pour les veines, un 0 dans les analyses statistiques (qui signifie une absence) n'est pas équivalent à un 0 dans les diagraphies de forages (ce qui signifie une très faible abondance)).

2.3. Construction d'un modèle géologique 3D sous Gocad

3. RÉSULTATS

Les résultats porteront seulement sur les deux premiers aspects, la modélisation sous Gocad ne devant être achevée qu'à la fin du projet.

Trois grands types de brèches ont été mise en évidence (figure 3 ; tableau 1) ; ces brèches diffèrent par la nature de leur matrice (calcite-biotite-quartz ; silice ; carbonates-feldspath-biotite), par le degré de corrosion des fragments, exprimé par la complexité du contour, et par la teneur en or.

Outre ces différents types de brèches, une texture particulière a été rencontrée, montrant une disposition radiale des fractures (Figure 4). Cette texture doit être validée en lames minces, mais évoque un processus de décompression brutal.

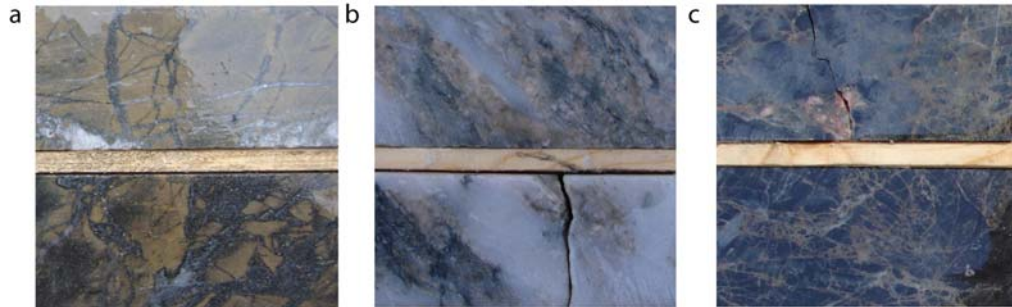


Figure 3 : Principaux types de brèches reconnues : (a) Brèche à matrice de calcite – biotite – quartz, dont les proportions varient souvent en s'éloignant du contact des fragments; (b) Brèche à matrice de silice, contenant rarement des impuretés, où on peut observer une biotitisation des fragments probablement reliques de la bréchification décrite en (a) ; (c) brèche dont la matrice est un stockwerk de carbonates – feldspath-K ± biotite, rarement observée.

Types de matrice	Teneur en Au	Localisation p/r au porphyre	Chronologie	Complexité des fragments
Silicifiée	- Au	Dispersé	3	+
Veines de Biotite- Calcite-Quartz	+ Au	Dispersé et contact	2 (?)	++
Stockwerk Carbonates- Feldspath-K	± Au	Dispersé	1 (?)	-

Tableau 1 : Représentation des différentes caractéristiques des types de brèches. On notera que dans le cas de la plupart des brèches à matrice de silice, la minéralisation est diluée par rapport aux épontes. Par contre, ces séquences bréchiques sont souvent annonciatrices d'une minéralisation.

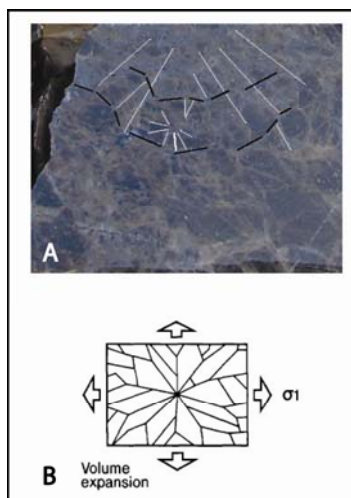


Figure 4 : Expansion radiale de la bréchification probablement due à une décompression, pouvant être diagnostique d'un environnement porphyrique. (a) Brèche CM06-755-6 du gisement de Canadian Malartic, où les lignes noires sont normales à la bréchification radiale (lignes blanches). Le caractère anguleux des fragments contraste avec l'ensemble des brèches. (b) Représentation théorique d'une dépressurisation, liée à un stress non-uniforme et une propagation instantanée des fractures (modifié de Jébrak, 1997).

Les résultats des mesures systématiques sur les brèches ont permis une cartographie préliminaire des brèches : les différents paramètres obtenus dans le logiciel BDR ont ainsi été cartographiés (Figure 5). On a tenté également de calculer un nouveau paramètre d'échange fluide/roche, basé sur le volume de roche affecté par les fluides ; pour cela, on multiplie la puissance de brèche par le taux de corrosion obtenu par BDR (Figure 6).

De plus, une analyse statistique de la distribution des minéralisations en or et des différents faciès, a été

réalisée. Il existe de très forte variations des résultats analytiques, et il est donc nécessaire Les diagrammes suivants (Figures 7 et 8) montrent quelques éléments de cette étude. Ainsi, il apparait clairement une relation entre la calcite et la teneur en or, sauf dans les cas de calcite très abondante ; une relation entre la silice et la teneur en or est également présente, quoique moins nette. Les relations entre l'or et les différents types de veines ont également été investiguées.

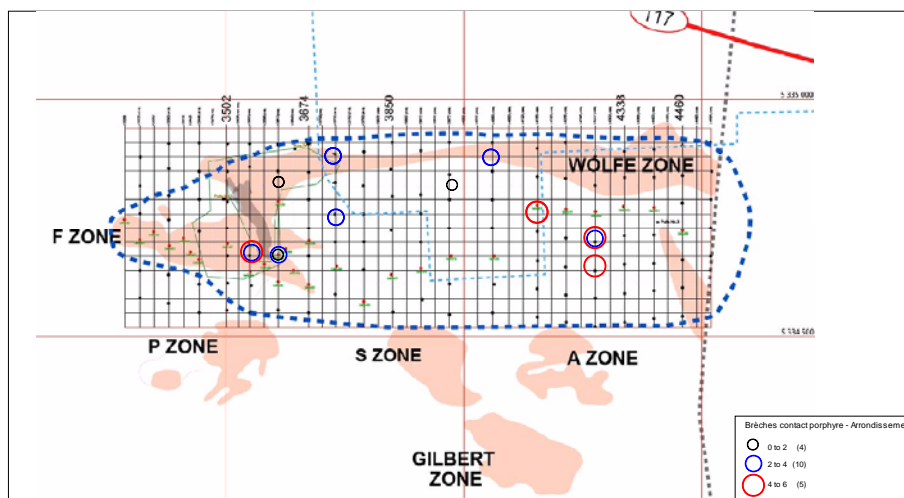


Figure 5 : Cartographie de l'arrondissement des fragments de brèches au contact du porphyre. On note une tendance où les brèches plus profondes semblent plus arrondies (cercles rouges dans la partie Est).

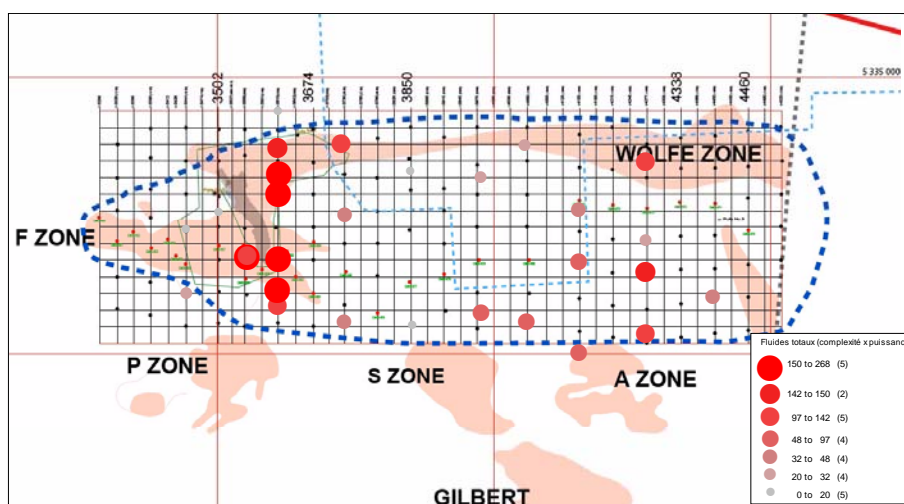


Figure 6 : Cartographie du paramètre d'échange fluide/roche, toutes brèches confondues. Les valeurs les plus importantes se retrouvent à l'ouest du gisement.

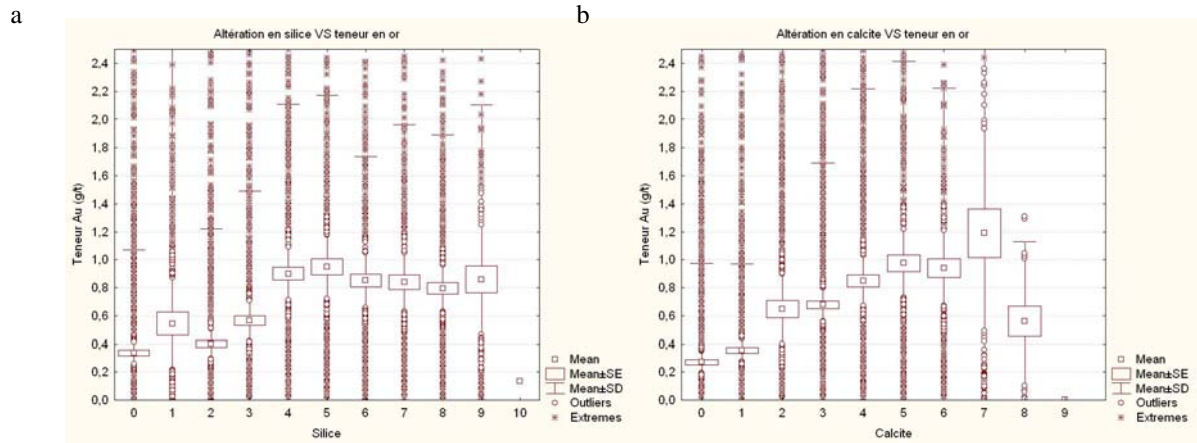


Figure 7 : (a) Teneurs en or moyennes et écarts-types selon le degré d'altération en silice. On note une corrélation positive entre les valeurs 2 et 5, sauf qu'ensuite les valeurs moyennes plafonnent. Une deuxième phase de silicification, tardive à la minéralisation, pourrait expliquer ce phénomène. (b) Teneurs en or moyennes et écarts-types selon le degré d'altération en calcite. La relation est ici beaucoup plus claire : il existe bel et bien un contrôle de la minéralisation associé à cette carbonatation.

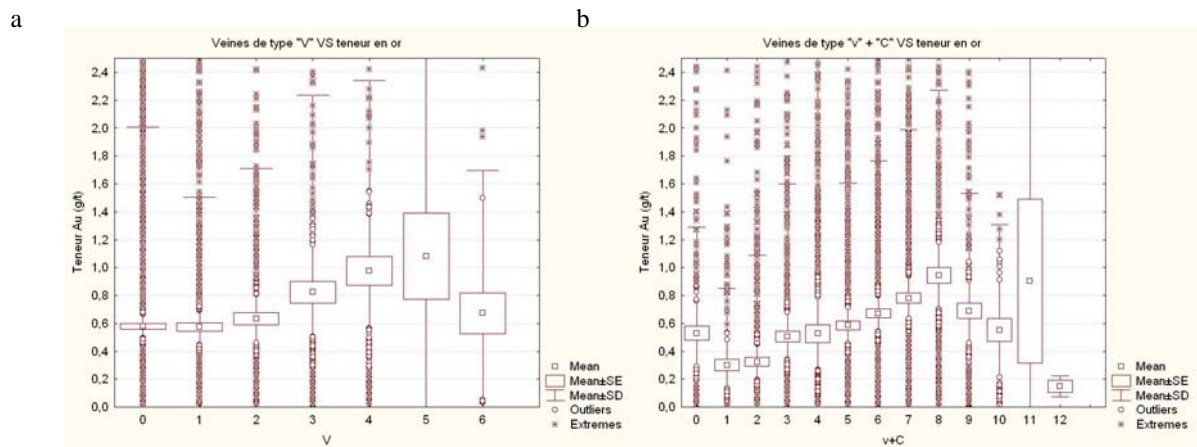


Figure 8 : (a) Teneurs en or moyennes et écarts-types selon l'abondance de veine (V). On observe que ce type de veine n'est pas nécessaire à une minéralisation (moyenne de près de 0,6 g/t Au à V0). (b) Teneurs en or moyennes et écarts-types selon l'abondance de veinules (v) et de cheveux (C). En absence de ces deux types de veines, on note une teneur en or d'environ 0,55 g/t (tout comme en a). Par la suite, la relation est linéaire et positive, jusqu'à des valeurs élevées (9 et 10) où le réseau de veinules et cheveux viendrait diluer la minéralisation.

4. TRAVAUX À VENIR

Les travaux de terrain se poursuivent à l'été 2007. En particulier, on poursuivra l'analyse des brèches avec le logiciel sur d'autres forages afin d'obtenir une cartographie la plus fine possible.

L'une des caractéristiques du gîte de Malartic est sans doute sa complexité structurale. La compagnie Osisko a réalisé un scan optique de plusieurs forages, une nouvelle technologie qui devrait permettre de disposer d'une base de données sur les structures en 3D. L'analyse de ces données devrait avoir lieu au cours de l'été 2007.

Enfin, une modélisation structurale à 2 D sera réalisée, à partir d'une reconstitution des contraintes et avec un modèleur mécanique (UDEEC) et permettra de déterminer les sites potentiels d'accumulation des fluides. Ce travail est réalisé dans le cadre de la maîtrise de Christian Beaulieu à l'UQAM et ne pourra être entrepris que lorsque les travaux précédents auront été réalisés.

5. CONCLUSIONS PRÉLIMINAIRES

Les premiers travaux sur le porphyre de Malartic ont montré que la minéralisation en or résultait d'un processus vraisemblablement polyphasé, tel qu'illustré d'une part par la diversité des altérations et d'autre part par la typologie des brèches. Il s'agit d'un système complexe puisque les brèches occupent des sites structuraux différents, au contact de l'intrusion ou à plusieurs dizaines de mètres ; le contrôle structural de ces brèches reste à comprendre. La distribution des styles de brèches devrait permettre de mieux comprendre les flux hydrothermaux. Enfin, on devra réaliser la synthèse des observations géochimiques et structurales.

6. Références

Brulotte, M.A. (2006) Typologie et genèse des brèches du gisement cupro-aurifère de Troilus, Québec, Mémoire de maîtrise, UQAM.

Derry, D.R. (1939) The geology of the Canadian Malartic gold mine, N. Quebec. *Economic Geology* 34: 495-523.

Goodman, S., Williams-Jones, A. E., and Carles, P. (2005) Structural controls on the Archean Troilus gold-copper deposit, Quebec, Canada. *Economic Geology* 100: 577-582.

Jébrak, M. (1997) Hydrothermal breccias in vein-type ore deposits: A review of mechanisms, morphology and size distribution. *Ore Geology Review* 12: 111-134.

Jébrak, M. and Doucet, P. (2002) Geology and gold porphyry mineralizations of the Taschereau-Launay Archean plutons, Abitibi, Quebec. *Precambrian Research* 115: 329-248.

Pouradier, A., and Jébrak, M. (2007) Digital recognition of hydrothermal breccias, Application to IOGC. Special Symposium Breccia, EGRU, Townsville (QU), Australia, soumis, Juin.

Robert, F. (2001) Syenite-associated disseminated gold deposits in the Abitibi greenstone belt, Canada. *Mineralium Deposita*: 36: 503-516.

Sansfaçon, R. and Hubert, C. (1990) The Malartic gold district, Abitibi Greenstone Belt, Quebec: Geological setting, structure and timing of gold emplacement at Malartic gold fields, Barnat, East-Malartic, Canadian Malartic and Sladen Mines. Rive, M., Verpaelst, P., Gagnon, Y., Lulin, J. M., Riverin, G., and Simard, A. The Northwestern Quebec Polymetallic Belt. CIM, pp. 221-236.

Trudel, P and Sauvé, P. (1992) Synthèse des caractéristiques géologiques des gisements d'or du district de Malartic. Québec, MM 89-04.

Wares, R. (2006) Canadian Malartic Gold Deposit, Quebec Three to Four Million Ounce Gold Potential. <http://www.osisko.com/en/properties/Review%20Malartic%200908.pdf>