



RAPPORT FINAL

2006

Sous-projet SC11

Minéralogie et propriétés géophysiques des gîtes de zinc
disséminé dans les marbres du Supergroupe de Grenville
Volet minéralogie du zinc non-sulfuré

Par

Michel Gauthier et Jean-François Larivière

Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère, Université du Québec à Montréal,
C.P. 8888, Succ. Centre-Ville, Montréal (Québec), H3C 3P8
Courriel: gauthier.michel@uqam.ca

Soumis à l'administration de DIVEX
juillet 2006 - Montréal

RÉSUMÉ

On trouve deux types de minéralisation zincifère disséminée au sud-ouest du Québec : des sulfures à Cadieux, et des silicates et oxydes à Bryson. Ce dernier type de gîte constitue une nouvelle cible minière pour l'industrie. Notre étude a confirmé l'existence de paragenèses zincifères non-sulfurées similaires à celles des grands gisements hypogènes de Franklin et de Sterling Hill au New Jersey. Cette découverte d'une minéralogie exotique ouvre, au Québec, des perspectives d'exploration jusqu'ici insoupçonnées. D'autre part, la cartographie systématique que nous avons faite de la région s'étendant de Bryson jusqu'au sud de Renfrew en Ontario, nous a permis de préciser les contrôles lithologiques des minéralisations zincifères. Ce travail nous a également permis de découvrir de nouveaux indices de sphalérite disséminée qui s'ajoutent à ceux de zinc non-sulfuré. Deux de ces nouveaux indices de sphalérite se situent sur l'île du Grand-Calumet et semblent faire le pont entre les gîtes non-sulfurés de Bryson et l'ancienne mine polymétallique de New-Calumet.

PROBLÉMATIQUE

Les marbres mésoprotérozoïques du Supergroupe de Grenville sont réputés pour leurs gisements zincifères sédimentaires exhalatifs (SEDEX). Les plus importants, Balmat-Edward et Franklin-Sterling Hill, se situent aux États-Unis (Fig. 1). Quoique les minerais de ces gisements soient d'excellente facture, la délimitation de ressources de ce type constitue un défi de taille pour les compagnies minières. En effet, la tectonique et le métamorphisme polyphasés qui caractérise la Province de Grenville compliquent grandement le suivi en forage des indices de surface. Par ailleurs, la quasi-absence de sulfures de fer dans ces gisements fait en sorte que les méthodes géophysiques utilisées pour définir des cibles de forage sont inopérantes.

Compte tenu du potentiel zincifère des marbres du Supergroupe de Grenville au Québec, DIVEX a lancé deux projets portant sur ce thème, à savoir 1) l'étude des propriétés géophysiques des gîtes de zinc disséminé dans les marbres et 2) la recherche des causes de la variation minéralogique de ces gîtes, la sphalérite n'étant pas le seul minéral utile dans ceux-ci.

Le premier volet avait pour but de caractériser les propriétés géophysiques autres que la conductivité électrique et le magnétisme. Un rapport

final sur ce thème a été déposé (Chouteau et al., 2005). Le présent rapport porte spécifiquement sur le second volet de cette étude. Nous nous intéresserons tout particulièrement aux minéralisations zincifères non-sulfurées. Ce choix est motivé, tout d'abord parce que de nouvelles techniques hydrométallurgiques (i.e. "Acid-leaching, solvent-extraction and electrowinning technology") viennent de renouveler le potentiel commercial des minerais non-sulfurés de zinc et permettent d'entrevoir que ce type de gisement constituera une source majeure pour ce métal au XXI^e siècle (Hitzman et al., 2003; Heffernan, 2006). Nous nous y intéressons également parce que ces minerais contiennent généralement peu de plomb, de soufre et autres éléments délétères pour l'environnement. Un autre point d'intérêt est que ces minerais peuvent constituer des gisements plus riches (>20% Zn) que la majorité de leurs pendants sulfurés.

Objectifs spécifiques du deuxième sous-volet

Il y a deux types de gisements zincifères non-sulfurés, les supergènes et les hypogènes (Fig. 2, Hitzman, 2003). Les deux plus importants exemples du type hypogène sont dans les marbres de la Province de Grenville, nommément à Franklin (21,8 Mt à 19,5% Zn) et à Sterling Hill (10,9 Mt à 19%) au New Jersey (Fig. 1). Or, les marbres du Supergroupe de Grenville du Bassin de Mont-Laurier présentent les mêmes caractéristiques que ceux du New Jersey (Johnson et Skinner, 2003). Il y a donc là un potentiel à explorer pour la diversification de l'assiette minière du Québec, ce qui est l'objectif premier du réseau de recherche de VRQ-Québec dont l'acronyme est DIVEX.

Il y a trois secteurs où des gîtes de magnétite plus ou moins zincifère sont déjà connus dans les marbres du Supergroupe de Grenville au Québec (Fig. 3). Ce sont respectivement (1) la Formation de fer du Chemin Piché, à Maniwaki (Gauthier et Brown, 1986), (2) les gîtes de Forsyth et de Lawless près de Hull (Guilloux et al., 1972) et (3) à Bryson au Québec (Gauthier et al., 1987).

Nous avons choisi de concentrer nos travaux à Bryson parce que le volet géophysique de notre projet portait sur le gîte de sphalérite disséminée Cadieux situé près de Renfrew à une vingtaine de kilomètres plus au Sud (Fig. 6). C'est également dans la région de Bryson-Renfrew qu'on rencontre le spectre le plus complet des minéralisations zincifères du Grenville. En effet, outre les gîtes de zinc sulfurés et non-sulfurés précités, on y retrouve également

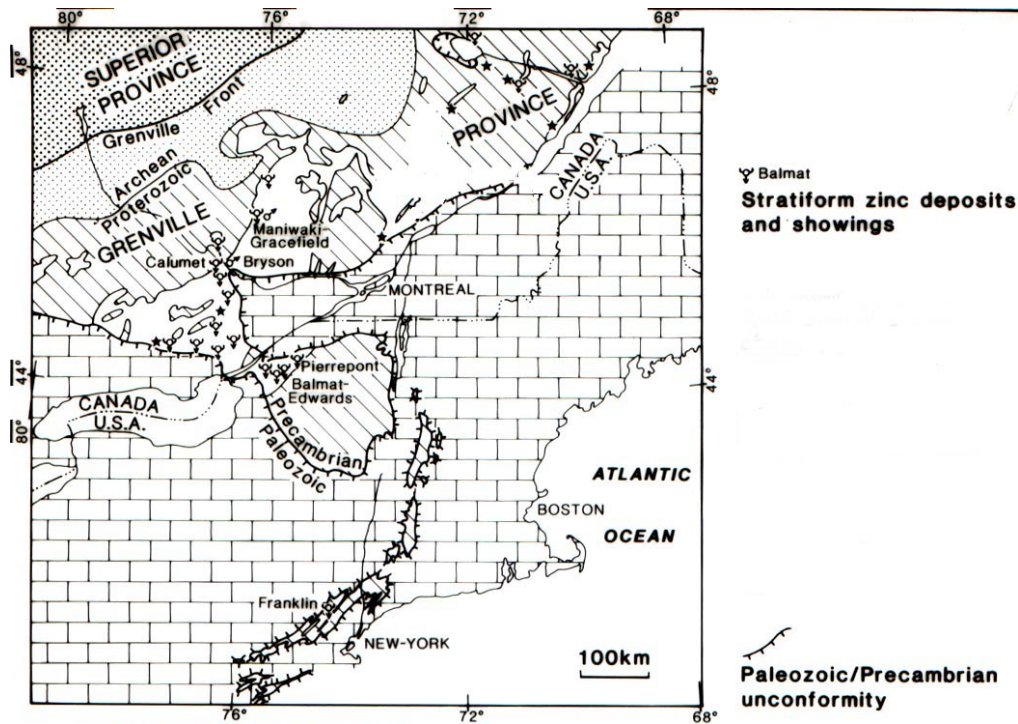


Figure 1: Répartition des gîtes de zinc stratiformes dans le sud-ouest de la Province de Grenville. Tiré de Gauthier et al. (1987).

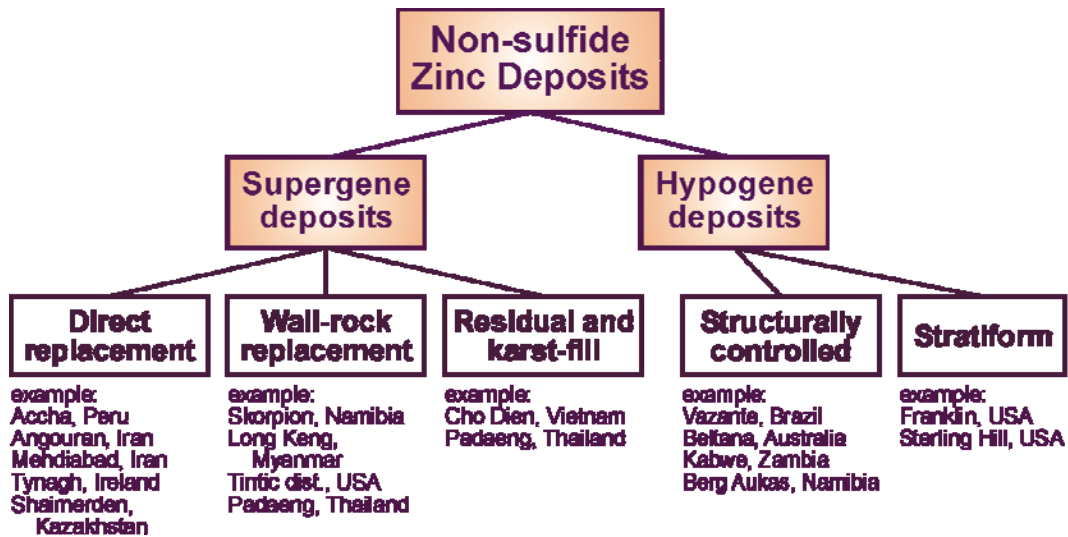


Figure 2: Typologie des gîtes de zinc non-sulfurés. Tiré Hitzman, 2003.

l'ancienne mine New-Calumet, un amas sulfuré polymétallique encaissé dans une séquence volcano-sédimentaire jusqu'ici d'âge inconnu. Enfin, la région de Bryson-Renfrew chevauche la frontière de l'Ontario et du Québec. D'autre part, la portion québécoise de ce secteur n'a pas fait l'objet d'une cartographie aussi détaillée que son pendant ontarien. Ce projet DIVEX fournissait donc une occasion

unique de raccorder la géologie du Supergroupe de Grenville au Québec avec celle de l'Ontario beaucoup mieux définie.

MÉTHODE DE TRAVAIL

Une part importante de nos efforts fût consacrée à la cartographie de détail de la région de

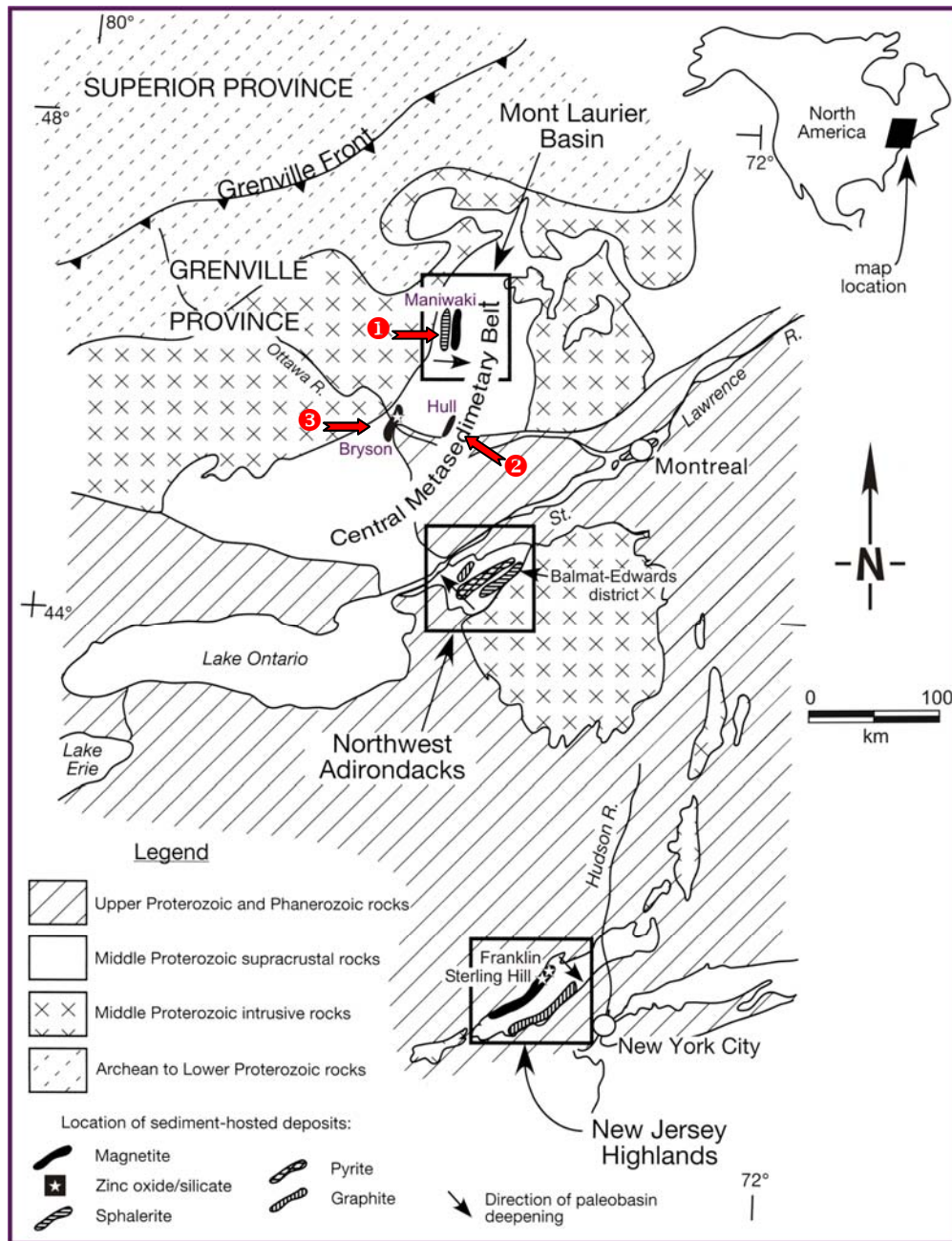


Figure 3 : Localisation des trois groupes d'indices de magnétite plus ou moins zincifère répertoriés dans les marbres du Supergroupe de Grenville, au Québec, par rapport aux gîtes de zinc non-sulfurés de Franklin et Sterling Hill au New Jersey (tiré de Johnson et Skinner, 2003).

Renfrew-Cadieux (Figs. 4, 5 et 6). Tout indice de minéralisation zincifère fût recherché avec grande attention. D'autre part, comme nous voulions savoir si le gisement polymétallique de Calumet faisait partie intégrante de la problématique sous étude, nous avons entrepris d'en faire la datation.

Une fois le cadre lithotectonique établi, nous avons relevé en détail les indices de minéralisation zincifère non sulfurée. Comme la minéralogie des gîtes de zinc non-sulfurés à une incidence majeure sur le taux de récupération du zinc en usine (Heffernan, 2006) nous avons poursuivi son étude de manière beaucoup plus approfondie. Ce travail fût amorcé par Jean-François Larivière au laboratoire de

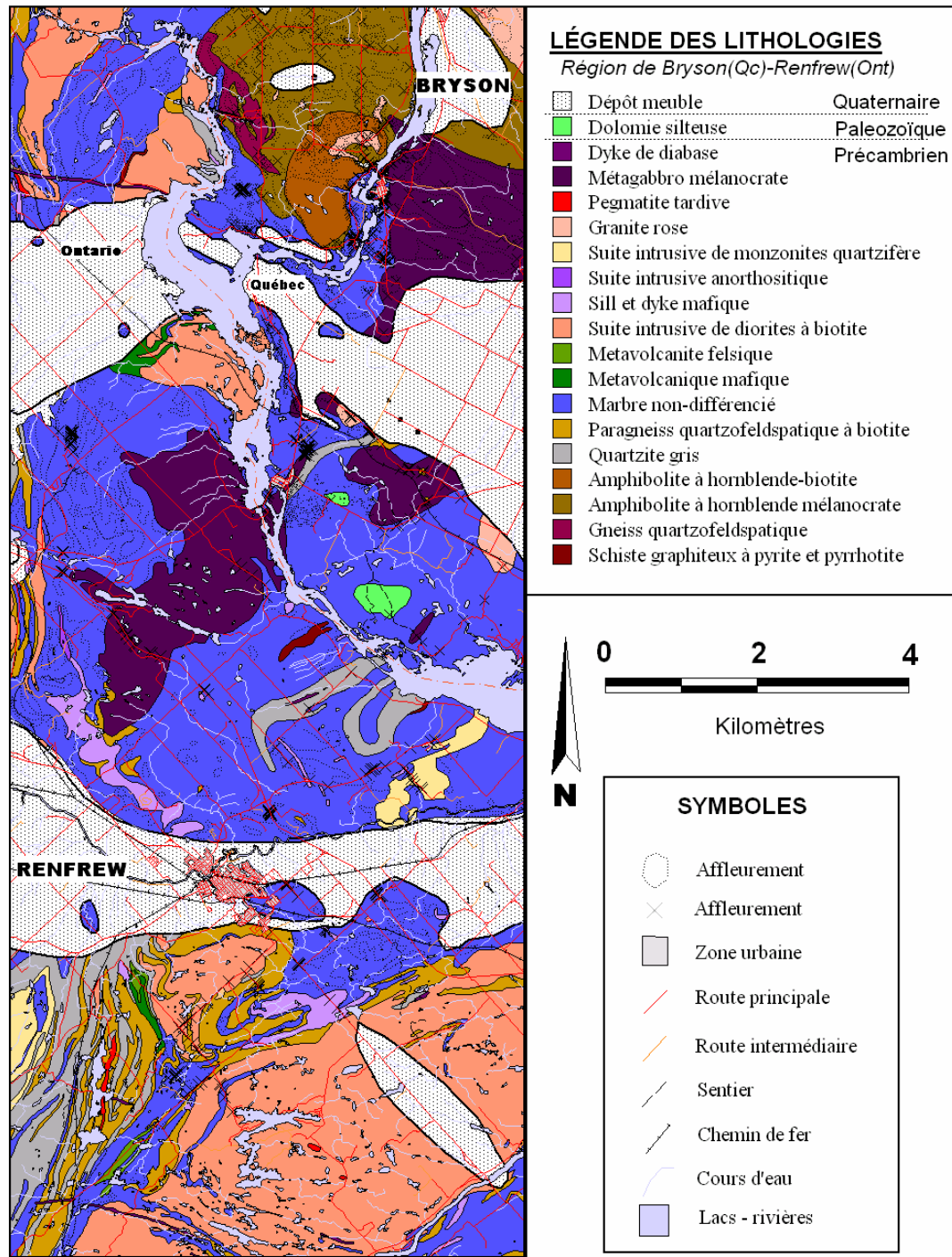


Figure 4 : Carte lithologique de la région de Bryson-Renfrew.

minéralogie du Professeur Fransolet à l'Université de Liège en Belgique. Puis, les lames minces polies confectionnées à partir des minerais non-sulfurés de Bryson ont fait l'objet d'études approfondies au microscope optique sous lumière réfléchie et en lumière transmise. Ces minerais ont également fait

l'objet d'analyses par diffraction X. Par la suite, ces lames minces polies ont été examinées au microscope électronique à balayage et à la microsonde électronique. Le texte qui suit expose les résultats de toutes ces études.

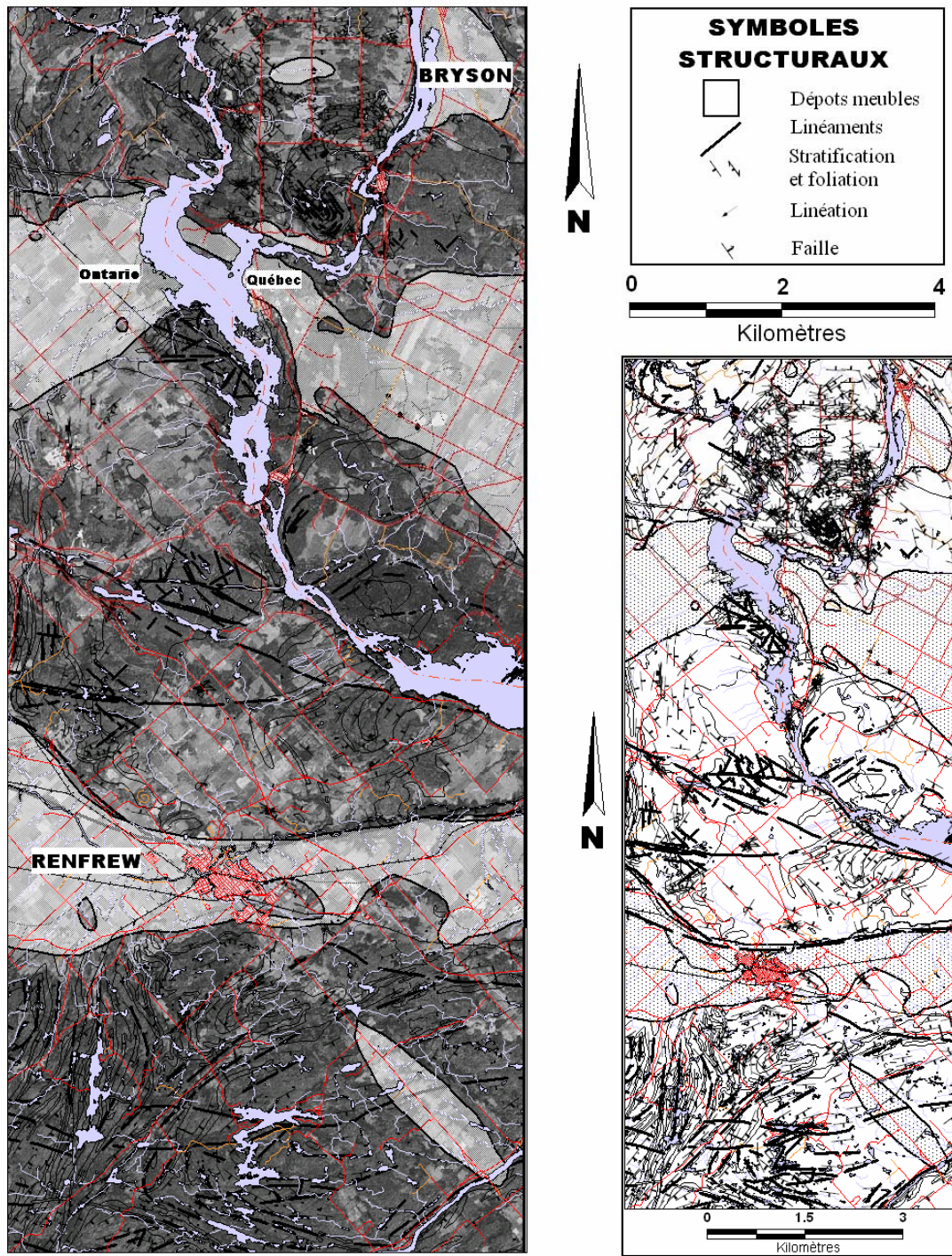


Figure 5 : Carte structurale de la région de Bryson-Renfrew électronique. Le texte qui suit expose les résultats de toutes ces études

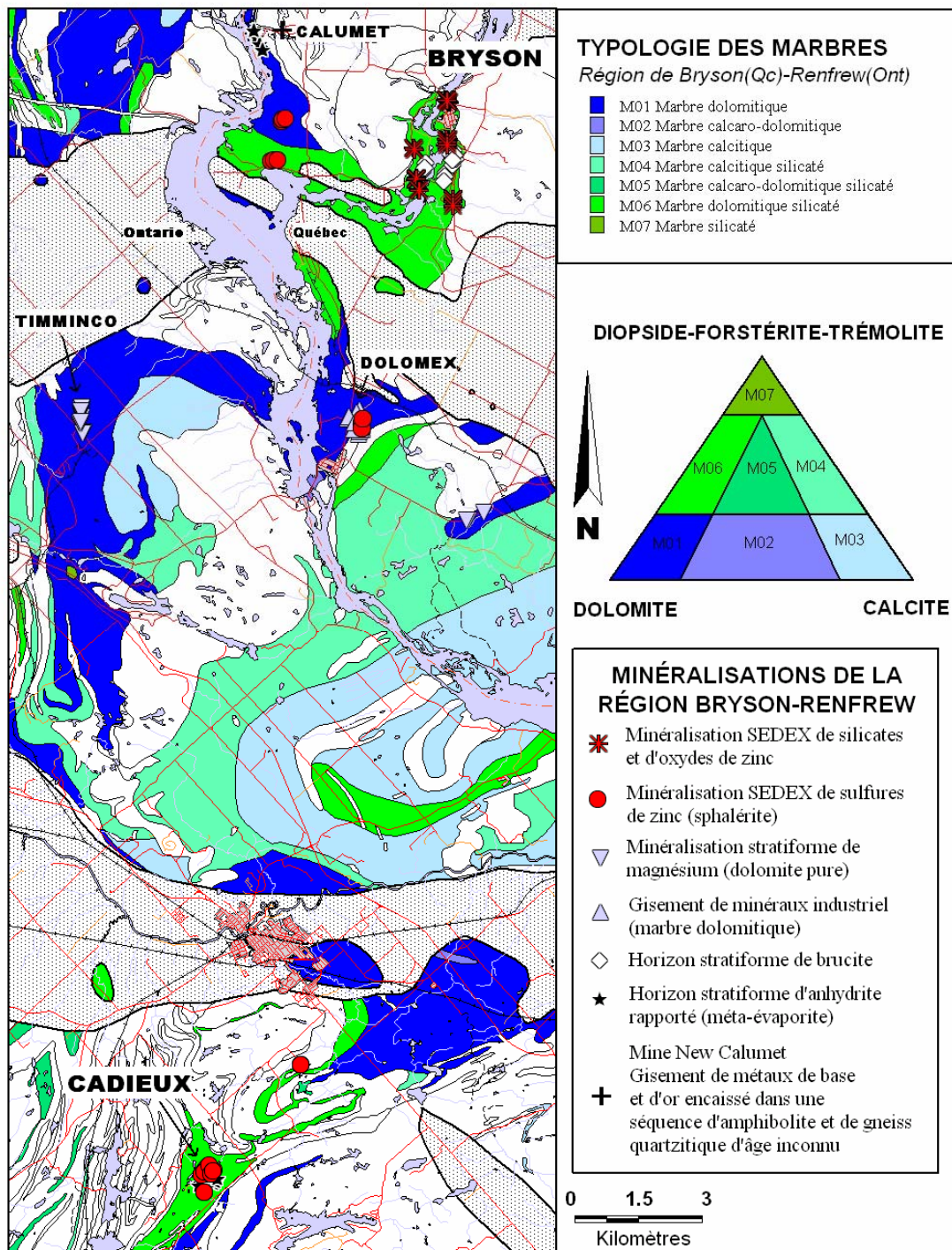


Figure 6 : Carte métallogénique de la région de Bryson-Renfrew mettant l'emphase sur la typologie des marbres du Supergroupe de Grenville.

RÉSULTATS

Cartographie détaillée de la région de Bryson-Renfrew

Les figures 4, 5 et 6 exposent les résultats de la campagne de cartographie qui s'est échelonnée sur trois étés. La figure 6 montre tout particulièrement la répartition des types de marbre de la région. Alors

qu'en général les marbres calcitiques prédominent nettement dans le Supergroupe de Grenville, la région sous étude est remarquable par l'abondance des faciès dolomitiques. L'extrême pureté de certains faciès dolomitiques a même permis leur exploitation pour le magnésium par Timminco en Ontario (Figs. 6 et 7).



Figure 7: Exploitation du marbre dolomitique pur pour en tirer du magnésium. Mine de Timminco Metals sur Magnesium road à Haley (Ont.).

Cette grande pureté des marbres dolomitiques suggère un environnement évaporitique. De fait des niveaux de méta-évaaporites (anhydrite ou brucite, Fig. 6) sont présents dans ces marbres au voisinage des gîtes de zinc. Ainsi Osborne (1944) signale la présence de méta-évaaporites (anhydrite) dans ces marbres recoupés par des forages profonds de New Calumet Mines Ltd. A cause de sa rapide dissolution par les eaux de surface, l'anhydrite n'a pu être observée que dans les trous de forage profonds (Fig. 8). Plusieurs nouveaux gîtes de zinc sulfurés et non-sulfurés ont été découverts lors de notre cartographie de la région. C'est ainsi que nous avons mis à jour de nouveaux indices de sphalérite disséminée à semi-massive dans les marbres dolomitiques affleurant entre le gîte Cadieux et la ville de Renfrew, dans l'ancienne carrière Dolomex à Portage-du-Fort, ainsi qu'à deux kilomètres au sud du gisement polymétallique de Calumet (Fig. 6). Par ailleurs, nous avons découvert trois nouveaux indices de zinc non-sulfurés dans la région immédiate de Bryson (Figs. 5 et 9). Ces indices se rajoutent à celui déjà répertorié par Gauthier et al. (1987) au pont qui enjambe l'Outaouais (Fig. 9).

La reconnaissance systématique des faciès de marbre de la région (Fig. 6) et la mise à jour de ces nouveaux indices de zinc viennent confirmer une association lithologique particulière décrite tout d'abord par Sangster (1970) puis par Gauthier et

Brown (1986), à savoir que les minéralisations de sphalérite finement disséminées présentent une affinité avec les marbres dolomitiques purs tandis que les minéralisations de sphalérite plus concentrées sont plutôt associées aux marbres riches en minéraux calco-silicatés, donc des dolomies plus siliceuses avant métamorphisme. Fait nouveau apporté par notre étude, les minéralisations zincifères non-sulfurées sont également associées aux dolomies siliceuses (Fig. 6).

Âge du gisement polymétallique de Calumet et relation avec les gîtes de zinc dans les marbres

La découverte de l'amas sulfuré de Calumet remonte à 1893. De 1942 à 1968, la New Calumet Mines Ltd a extrait 3,8 millions de tonnes d'un minerai titrant en moyenne 5,8% zinc, 1,6% plomb, 65 g/t argent et 0,4 g/t or (Sangster, 1967). En 1985, un réexamen de cette propriété minière par Lacana Mining Corp. a démontré que des minéralisations aurifères, du style de celle de la mine Montauban (Bernier et al., 1987 ; Bishop et Jourdain, 1987 ; Villeneuve, 1987 ; Jourdain, 1993), se trouvaient dans les épontes du gisement exploité par la New Calumet Ltd. A l'instar du gisement de Montauban, celui de Calumet est lié à un mince horizon de marbre riche en minéraux calco-silicatés contenu dans une séquence de gneiss quartzo-feldspathique à biotite et d'amphibolite (Fig. 10). Or la séquence

volcano-sédimentaire de Montauban a été datée à ~1,45-1,39 Ga (Nadeau et van Breemen, 1994). La séquence d'amphibolite et de gneiss de Calumet n'ayant jamais été datée, nous avons envisagé qu'elle soit du même âge que celle de Montauban (Gauthier et al., 2004). Selon cette hypothèse le gisement de Calumet serait beaucoup plus ancien que les marbres du Supergroupe de Grenville environnants (ie. ~1290-1250Ma; Rivers and Corrigan, 1999)) dans lesquels on retrouve les minéralisations de zinc que nous avons étudiées. Il était donc crucial pour nous de connaître l'âge de la séquence volcano-sédimentaire de Calumet. Un premier échantillon de gneiss quartzo-feldspathique prélevé en 2004 dans le mur structural du gisement n'a révélé aucun zircon et n'a pu être daté. À l'été 2005, nous avons procédé à un nouvel échantillonnage, cette fois du faciès d'amphibolite fragmentaire interprété par Jourdain comme étant une roche volcanodétritique (Fig. 11).

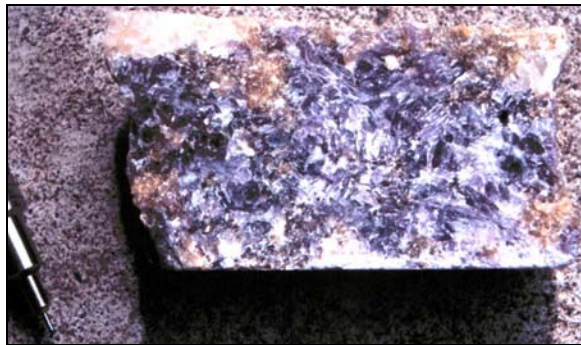


Figure 8: Anhydrite de couleur lavande recoupée par un forage profond implanté sur la zone Swamp du gîte de zinc Cadieux par Breakwater Resources Ltd.

Les analyses de quatre zircons indiquent que ceux-ci ont un âge qui oscille entre 1,245 et 1,215 Ga (J. David, comm. pers, 2006). Donc le gisement polymétallique de Calumet appartient à l'époque métallogénique du Supergroupe de Grenville et non pas à celle du Groupe de Montauban. Cette conclusion nous oblige à considérer l'évènement exhalatif qui a présidé à la formation de ce gisement comme pénécotemporain des gîtes de zinc de type SEDEX sulfurés et non-sulfurés présents dans les marbres de la région de Bryson-Renfrew.

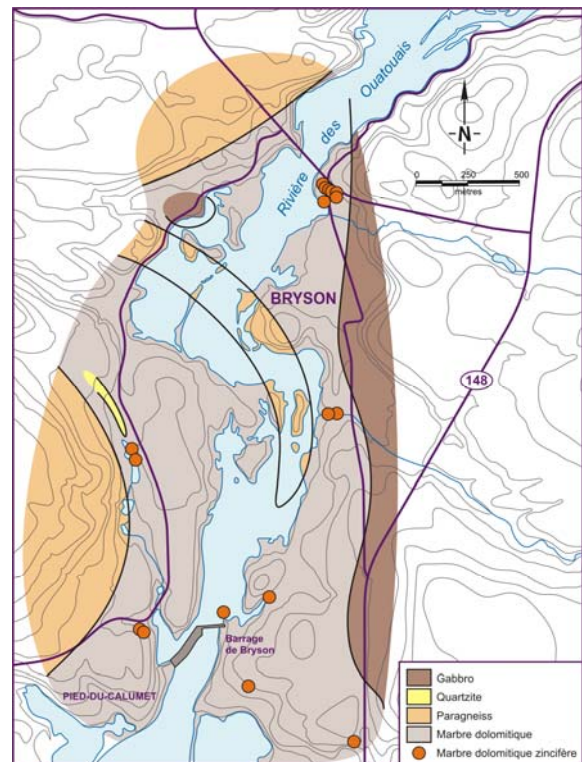


Figure 9: Carte de la répartition des indices de zinc non-sulfurés dans la région immédiate de Bryson au Québec.

Caractéristiques mégascopiques des gîtes de zinc non-sulfurés des marbres de la région de Bryson-Renfrew

Dans les affleurements de marbre des environs de Bryson, deux minéraux non-sulfurés réagissent au 'zinc-zap', un test de coloration dont la composition peut être trouvée dans l'encadré 10.1 de Landry et al., 1995. Il s'agit soit d'un spinelle magnétique (Fig. 12), soit d'une serpentine (Fig. 13) ou de ces deux minéraux à la fois (Fig. 14).

Quoique ces réactions au 'zinc zap' soient aussi spectaculaires que celles obtenues sur des minéralisations de sphalérite porteuse de pourcents de zinc, les résultats d'analyses d'échantillons choisis de minéralisations non-sulfurées s'avèrent beaucoup plus mitigés. Ainsi un échantillon porteur de spinelle magnétique zincifère provenant de la coupe du pont de l'île du Grand-Calumet (Fig. 13) n'a donné à l'analyse que 1435 ppm zinc accompagné de 18,28% de Fe_2O_3 et de 7,53% de FeO (Gauthier et al., 1987, tableau 1). Deux autres échantillons, cette fois minéralisés essentiellement en serpentine zincifère, ont donné respectivement 2580 et 942 ppm de zinc (F. Chartrand, comm. pers. 2005). Le premier

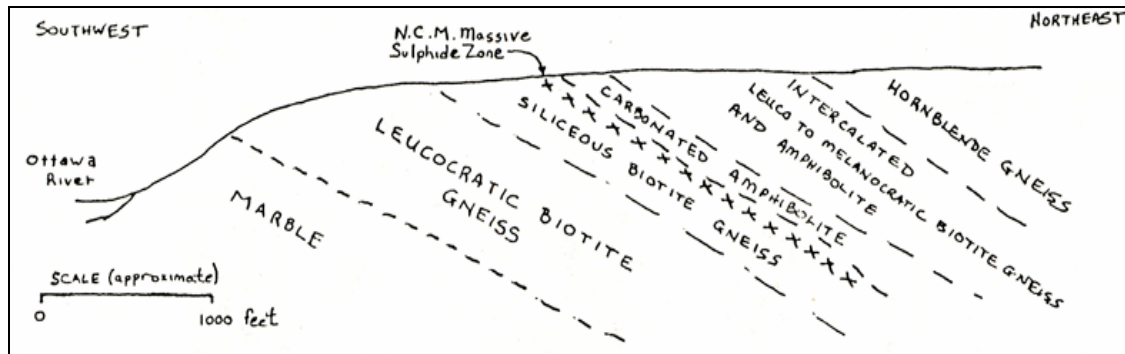


Figure 10: Coupe géologique schématique de la séquence stratigraphique inversée englobant les gîtes de métaux de base et d'or de New-Calumet (tiré de Villeneuve, 1987)

échantillon contient également 1190 ppm de plomb tandis que le second n'en recèle que 24 ppm. Ces échantillons ont été prélevés en 2005 le long du chemin d'accès à la centrale Bryson sur l'île du Grand-Calumet (Fig. 9). Quoique ces résultats



Figure 11: Faciès fragmentaire dans les amphibolites interprété comme étant une roche volcanoclastique par Jourdain (1993). Cette roche encaisse le gisement volcanogène exhalatif de Calumet. Les zircons qui en ont été extraits donnent un âge oscillant entre 1,245 et 1,215 Ga (J. David, comm. pers, 2006).

électronique. En effet, une meilleure compréhension du mode de concentration précoce de ce type de minéralisation peut fournir des pistes pour découvrir des concentrations de l'ordre de celles de Franklin-Sterling Hill (i.e. > 20% Zn). D'autre part, la proximité de gîtes de zinc sulfurés dans les marbres et d'un amas sulfuré volcanogène dans les amphibolites et les paragneiss nous a incité à aller de l'avant dans l'étude de ces minéralisations non-sulfurées subéconomiques car il pourrait s'agir d'un halo distal de ces gîtes économiques tel que proposé par Gauthier et al. (1987). La section qui suit présente un résumé des résultats de nos observations microscopiques. Plus d'information sera fourni ultérieurement dans le cadre de la thèse de doctorat de Jean-François Larivière à l'Université du Québec à Montréal.

d'analyses soient très décevants d'un point de vue économique, la similitude des paragenèses minérales rencontrées à Bryson avec celles du district de Franklin-Sterling Hill commandait des études plus approfondies au microscope et à la microsonde



Figure 12: Spinelle magnétique zincifère. Coupe du pont de l'île du Grand-Calumet à Bryson.

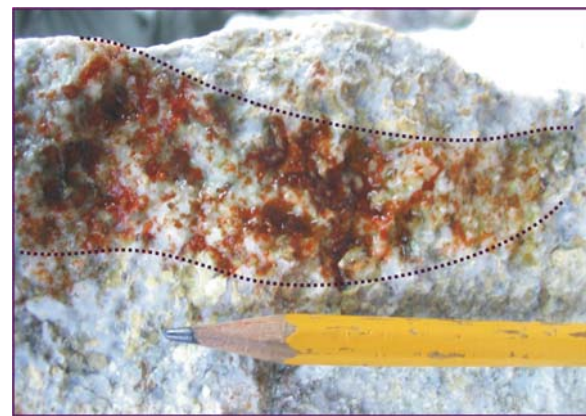


Figure 13: Marbre dont la serpentine réagit fortement au 'zinc zap'. Usine d'épuration de Bryson.



Figure 14: Réaction au 'zinc zap' du spinelle magnétique (Mt) et de la serpentine (Serp) dans un marbre de Bryson affleurant sur la route 148 près du poste Cadieux de l'Hydro-Québec.

Caractéristiques microscopiques des gîtes de zinc non-sulfurés des marbres de la région de Bryson-Renfrew

Spinelle magnétique zincifère:

Les analyses à la microsonde électronique des spinelles zincifères de Bryson ont suggéré à Gauthier et al. (1997) qu'il s'agisse d'une phase intermédiaire entre une magnétite et une franklinite, un spinelle de fer, de zinc et de manganèse (Fron del and Baum, 1974). Or nos nouvelles observations au microscope révèlent que le spinelle magnétique est plutôt une magnétite non zincifère qui contient localement un treillis d'exsolutions de wurtzite (Fig. 15). Ceci suggère que cette magnétite puisse être le produit de déstabilisation d'une franklinite tel que ce phénomène a été observé au New Jersey (Ramdohr, 1980).

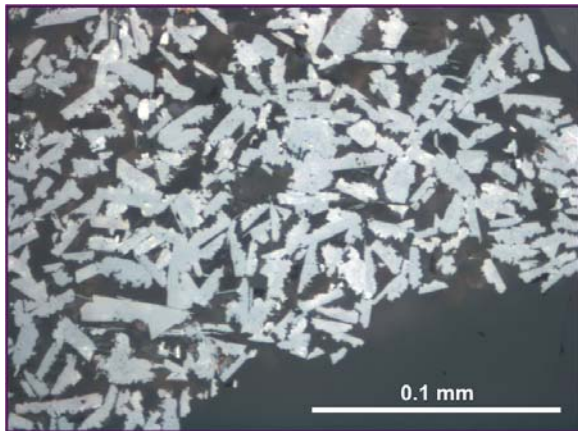


Figure 15: Agrégat très fin de wurtzite dans un marbre à magnétite de Bryson.

Serpentine zincifère:

Les analyses à la microsonde montrent des assemblages complexes de serpentine zincifère contenant de fines inclusions de pyrophanite, un spinelle de titane, de fer, de manganèse, de magnésium et de zinc [(Fe, Mg, Zn, Mn) TiO₃]. Ce spinelle est très rare dans le monde. Cependant, signalons que ce minéral est connu à Franklin et Sterling Hill au New Jersey.

La pyrophanite de Bryson est localement zincifère. Les variations de composition des pyrophanites de Bryson se révèlent comme suit suivant nos résultats à la microsonde électronique.

- Fe : 0.1073 – 0.6984
- Mg : 0.0047 – 0.2122
- Zn : 0 – 0.1329
- Mn : 0.301 – 0.9281
- Ti : 0.9669 – 1.2729
- (Fe, Mg, Zn, Mn) TiO₃

Nous avons également découvert la relique d'un grain de gahnite à l'intérieur d'un grain de serpentine zincifère (Figure 16). Ce grain de gahnite contient de fines exsolutions de pyrophanite. Cet assemblage nous indique que la paragenèse zincifère a subi un métamorphisme au faciès des granulites avant de connaître sa rétrogradation en un assemblage à serpentine. Un rétro-métamorphisme de même ordre affecte les assemblages portés au faciès des granulites dans les gîtes du New Jersey. Ceci rend très ardue la reconnaissance de la minéralogie primaire. À ce chapitre, soulignons que la serpentine zincifère pourrait provenir du rétro-métamorphisme de grains de willémite, ce silicate de zinc ayant une formule chimique identique à celle de l'olivine hormis le fait que le zinc y soit le cation plutôt que le fer ou le magnésium.

DISCUSSION

Trois hypothèses génétiques ont été envisagées pour les minéralisations zincifères non-sulfurées de Bryson, à savoir qu'il puisse s'agir 1) de minéralisations liées à l'ouverture du graben d'Ottawa-Bonnechère à la fin du Précambrien ; 2) qu'il puisse s'agir de spinelles formés dans l'aurole de métamorphisme de contact du gabbro de Chenaux, un stock qui a envahi les marbres de la région de Bryson-Renfrew vers 1100 Ma (Fig. 4) ou, enfin, qu'il s'agisse de minéralisation syngénétique par rapport aux marbres du Supergroupe de Grenville. L'observation de gahnite dans ces gîtes (Fig. 16) démontre que ces minéralisations ont été portées aux

faciès des granulites tout comme les marbres encaissants. De ce fait, les deux premières hypothèses peuvent être rejetées.

Quoique les niveaux zincifères non-sulfurés de Bryson ne contiennent que des quantités subéconomiques de zinc, la similitude de leur évolution dynamométamorphique et de leur minéralogie avec celles de Franklin-Sterling Hill permet de conclure que ces importants gisements du New Jersey ne constituent pas une anomalie exceptionnelle dans la Province de Grenville. Il est donc possible de trouver un tel type de gisement dans les marbres du Supergroupe au Québec.

La cartographie détaillée de la région allant de Bryson, au Nord, jusqu'à Renfrew, au Sud, avait pour objectif premier de vérifier les variations de faciès

primaires qui pourraient expliquer le passage de gîtes de zinc non-sulfurés à des gîtes de sphalérite disséminée à semi-massive dans les marbres tel celui de Cadieux. A ce chapitre, nous avons été chanceux, car cette campagne de cartographie a permis de découvrir des niveaux de sphalérite disséminée dans les marbres dolomitiques de l'île du Grand-Calumet (Fig. 6). Ceux-ci semblent se trouver en continuité stratigraphique avec ceux qui portent les gîtes de zinc non-sulfurés de Bryson. Cette variation latérale de faciès, en quelques kilomètres à peine, rappelle celle observée dans la région de Maniwaki-Gracefield, à une centaine de kilomètres au Nord-Est. Dans cette région, on observe en effet le passage de gîtes de sphalérite massive à disséminée à un niveau stratiforme de roche à magnétite-breunnérite (magnésite ferrifère)-graphite avec traces de sphalérite.

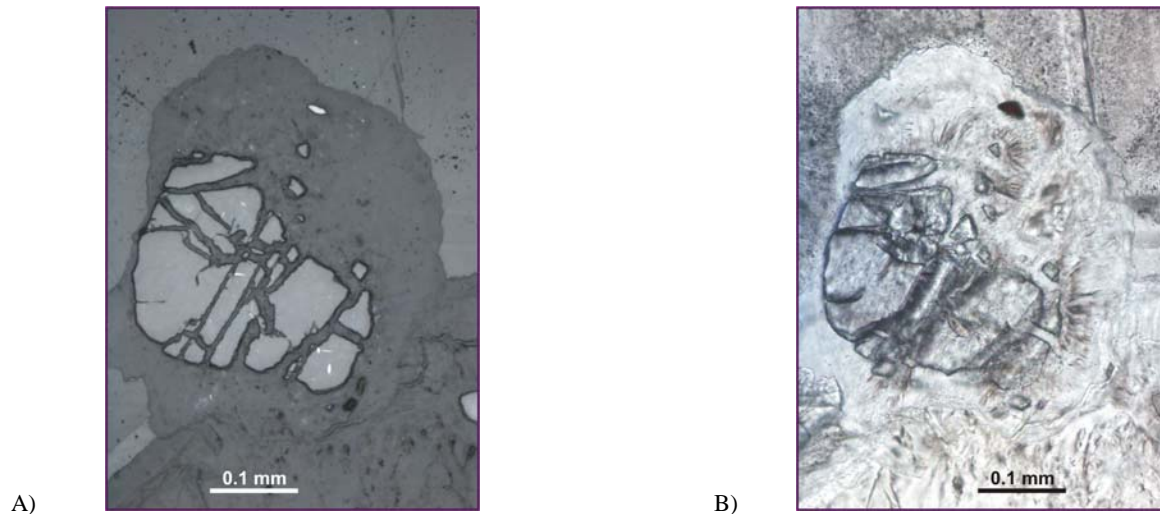


Figure 16 : Grain de gahnite à l'intérieur d'un grain de serpentinite d'un marbre de Bryson. L'image de gauche (A), prise sous lumière réfléchie, révèle des inclusions claires de pyrophanite dans la gahnite. L'image de droite (B), prise en lumière transmise, montre l'aurole de serpentinite autour des reliques de gahnite.

Cet assemblage minéralogique particulier est interprété comme étant le produit de la dissociation métamorphique prograde d'une sidérose magnésienne (Gauthier et Brown, 1986). La présence d'un halo de sidérose est une des caractéristiques des SEDEX de type MacArthur (Cooke et al., 2000). Ce sous-type de gisement est déposé par des saumures oxydantes, neutres et tièdes.

A Bryson, l'horizon zincifère non-sulfuré se caractérise également par l'abondance de magnétite et de magnésium. Cependant ici la silice est beaucoup plus abondante dans les marbres dolomitiques (Fig. 6). De ce fait, il y a abondance de silicate de magnésium (olivine magnésienne-forstérite) et, dans le cas où le zinc est localement

abondant (olivine zincifère de la solution solide forstérite-willémitte, Fig. 13). Notons cependant qu'à moins de cinquante mètres de l'indice de zinc non-sulfuré de la station d'épuration de Bryson se trouve le gîte de brucite de la carrière Maxwell (12 millions de tonnes de marbre brucitique). La présence de ce gisement de brucite montre que l'abondance de silice n'est pas omniprésente dans ces marbres dolomitiques. Elle semble plutôt correspondre à l'apparition de minéralisations zincifères, un phénomène déjà bien décrit dans le sud-est de l'Ontario (Sangster, 1970) et dans la région de Maniwaki-Gracefield (Gauthier et Brown, 1986).

La serpentinite zincifère de Bryson, sans trace de pyrophanite, est interprété comme étant

l'altération rétro-métamorphique de la willémitte, ce minéral ayant, rappelons-le, la même formule chimique que l'olivine, dans les cas les plus purs le zinc se substituant complètement au magnésium. Une question demeure. Est-ce que cette willémitte, qui a connu le faciès des granulites, a été formée par la réaction prograde d'une dolomite zincifère avec de la silice comme le propose Squiller et Sclar pour celle de Franklin-Sterling Hill, ou encore est-elle primaire, contemporaine comme le laisse entrevoir les travaux de Brugger et al. (2003)? En effet, selon ces auteurs, alors que de la sphalérite précipite à partir de saumures exhalatives oxydantes, neutres et tièdes, c'est plutôt de la willémitte qui va se former si ces mêmes solutions sont très chaudes.

Ce n'est qu'au moment de remettre le présent rapport que nous avons obtenu l'âge approximatif de l'encaissant volcanique du gisement polymétallique de New Calumet. Cette datation nous oblige maintenant à considérer ce gisement dans l'interprétation des minéralisations zincifères des marbres avoisinants. Dans cette perspective, il est intrigant de constater que les minéralisations non-sulfurées de Bryson soient les seules de ce type répertoriées dans les marbres du Supergroupe de Grenville au Québec, en Ontario et dans l'État de New-York et que, d'autre part, le gisement de New-Calumet soit le plus important exemple d'un gîte volcanogène dans les faciès métavolcaniques de ce supergroupe. Cette coïncidence spatiale mérite plus d'étude. Cependant, si la willémitte est caractéristique de saumure oxydante chaude alors que la sphalérite est plutôt caractéristique de saumure tiède, la reconnaissance de paragenèses minérales non-sulfurées dans les marbres pourrait annoncer la présence de gisements volcanogènes, c'est-à-dire une source exhalative chaude, dans les environs.

TRAVAUX SUBSÉQUENTS RECOMMANDÉS

-Les spinelles de fer, manganèse et zinc de Bryson et de la région de Maniwaki-Gracefield devraient faire l'objet d'analyses pour les isotopes d'oxygènes afin de savoir si leur mode de formation est similaire.

-De la galène devrait être recherchée dans les gîtes de sphalérite récemment découverts sur l'île du Grand-Calumet, ce afin de comparer les isotopes du plomb de ces dernières avec celles de New-Calumet déjà analysées.

-La région de l'île du Grand-Calumet et celle s'étendant au Nord-Est devrait être recartographiée, cette fois spécifiquement dans le but de tracer vers l'intérieur du Québec l'assemblage

litho-stratigraphique qui recèle deux gisements de métaux de base significatifs, celui de Cadieux en Ontario et celui de New-Calumet à la frontière. Cette région a été cartographiée au tournant des années soixante-dix, mais l'intérêt premier en était la reconnaissance des assemblages métamorphiques et des sites minéralogiques. Cette cartographie, quoiqu'excellente pour les fins d'études académiques, se révèle fort peu utile pour la prospection. Signalons, enfin que l'île du Grand-Calumet n'a pas fait l'objet de cartographie depuis celle d'Osborne en 1944. Pour les raisons qui précèdent, très peu de datations sont disponibles pour ce territoire hautement prospectif du Québec. Cette situation tranche singulièrement avec celle qui prévaut immédiatement de l'autre côté de l'Outaouais. Nous espérons que nos travaux de cartographie, bien que fort limités dû à l'envergure des budgets de DIVEX, auront démontré l'importance d'une nouvelle campagne de cartographie dans cette région.

CONCLUSION

Nous sommes tout particulièrement satisfaits d'avoir confirmé l'existence de paragenèses zincifères non-sulfurées similaires à celles des grands gisements hypogènes de Franklin et de Sterling Hill au New Jersey. Cette découverte d'une minéralogie exotique ouvre, au Québec, des perspectives d'exploration jusqu'ici insoupçonnées.

D'autre part, l'âge obtenu sur les roches volcaniques qui encaissent le gisement polymétallique de New-Calumet permet enfin de lever le doute sur son appartenance à un équivalent du Groupe de Montauban. Le fait que celui de New-Calumet semble appartenir plutôt au Supergroupe de Grenville suggère maintenant de chercher des gisements aurifères et plombo-zincifères à l'intérieur de deux épisodes volcaniques séparés de 200 Ma plutôt que de restreindre cette recherche aux seules roches à ~1,45-1,39 Ga.

RÉFÉRENCES CITÉES

- Bernier, L., Pouliot, G., and MacLean, W.H., 1987. Geology and metamorphism of the Montauban North gold zone: A metamorphosed polymetallic exhalative deposit, Grenville Province, Québec. *Economic Geology*, V. 82, pp. 2076-2090.
- Bishop, C., and Jourdain, V., 1987. Grenville Polymetallics. *The Northern Miner Magazine*, v. 2, no. 12, p. 15-17.
- Brugger, J., McPhail, D.C., Wallace, M., and Waters, J., 2003. Formation of willemite in hydrothermal environments: *Economic Geology*, v. 98, 819-835.

- Chouteau, M., Giroux, B., et Gauthier, M., 2005. Minéralogie et propriétés des gîtes de zinc disséminé dans les marbres du Supergroupe de Grenville-Volet géophysique- Rapport final DIVEX, 14 pages.
- Cooke, D.R., Bull, S.W., Large, R.R., McGoldrick, P.J., 2000. The importance of oxidized brines for the formation of Australian Proterozoic stratiform sediment-hosted Pb-Zn (Sedex) deposits: *Economic Geology*, v. 95, 1-17.
- Frondel, C., et Baum, J.L., 1974. Structure and mineralogy of the Franklin zinc iron-manganese deposit, New Jersey. *Economic Geology*, V. 69, pp. 157-180.
- Gauthier, M., & Brown, A.C., 1986, Zinc and iron metallogeny in the Maniwaki-Gracefield district, southwestern Quebec. *Economic Geology*, v. 81, pp. 89-112.
- Gauthier, M., Brown, A.C., et Morin, G., 1987. Small iron-formations as a guide to base and precious-metal deposits in the Grenville province of southern Quebec, in Appel, P.W.U., et Laberge, G.L., eds., *Precambrian iron-formation: Athens, Theophrastus Publication*, p. 297-327.
- Gauthier, M., Corriveau, L., et Chouteau, M., 2004. Les gîtes minéraux métamorphisés et métamorphogéniques de la Ceinture centrale de métasédiments du sud-ouest du Québec et du sud-est de l'Ontario, Province de Grenville. *Premières journées De Launay, Université du Québec à Montréal, 12-14 mai 2004, livret-guide de l'excursion post-symposium*, 42 pages.
- Guilloux, L., Blais, R.A., et Coy-III, R., 1972. L'origine métasédimentaire du gisement de magnétite de Forsyth, Province de Québec, Canada. *Mineralium Deposita*, v. 7, p. 154-179.
- Hefernan, V., 2006. Hot market has juniors eyeing zinc oxides. *The Northern Miner*, No. du 2 au 8 juin, pp. B1 et B/.
- Hitzman et al., 2003. Classification, genesis, and exploration guides for nonsulfide zinc deposits. *Economic Geology*, V. 98, pp. 685-714.
- Johnson, C.A., et Skinner, B.J., 2003, Geochemistry of the Furnace Magnetite bed, Franklin, New Jersey, and the relationship between stratiform zinc oxide silicate ores in the New Jersey highlands. *Economic Geology*, V. 98, pp. 837-854.
- Jourdain, V., 1993. Géologie des amas sulfurés aurifères de la Province de Grenville. Université du Québec à Montréal, thèse de doctorat.
- Landry, B., Pageau, J.G., Gauthier, M., Bernard, J., Beaudin, J. et Duplessis, D., 1995. Prospection minière. Montréal, Modulo, p.126.
- Nadeau, L., and van Breemen, O., 1994. Do the 1.45-1.39 Ga Montauban Group and La Bostonnais complex constitute a Grenvillian accreted terrane? GAC-Mac meeting, Program with abstract, V. 19, p. A81.
- Osborne, F.F., 1944. Région de l'île Calumet. Ministère des Mines du Québec, rapport RG-18.
- Ramdohr, P., 1980, The ore minerals and their intergrowths, 2nd edition, V. 2. Oxford, Pergamon Press, pp. 577-581.
- Rivers, T., and Corrigan, D., 1999. Convergent margin on southeastern Laurentia during Mesoproterozoic: tectonic implications. *Journal canadien des sciences de la Terre*, V. 37, pp. 359-383.
- Sangster, A.L., 1967. Metamorphism of the New Calumet sulphide deposit, Québec. Carleton University, Ottawa, mémoire de maîtrise.
- Sangster, A.L., Metallogeny of base metal, gold and iron deposits of the Grenville Province of southeastern Ontario. Queen's University, Kingston, hèse de doctorat, 280 pages.
- Squiller, S.F., et Sclar, C.B., 1980. Genesis of the Sterling Hill zinc deposits, Sussex County, New Jersey. *Proceedings, Fifth Symposium of the International Association of Geologists for Ore Deposits (IAGOD)*, pp. 759-766.
- Villeneuve, D., 1987. The Calumet project. *In livret-guide de l'excursion sur les gîtes métallifères dans le sud du Grenville québécois, 25-26-27 mai 1987. Édité par A. Vallières et M. Gauthier. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec : 35-41.*