

---

# POTENTIEL DE MINÉRALISATIONS DE TYPE IOCG EN CONTEXTE INTRACRATONIQUE OU D'ARCS CONTINENTAUX DANS LES TERRAINS ARCHEENS ET PROTEROZOÏQUES DU QUÉBEC

---

Projet 2010-08

Par : Stéphane Faure, Ph.D  
2012



**CONSOREM**

Consortium de recherche  
en exploration minérale

---

## AVERTISSEMENT

---

Ce document présente certains résultats des travaux de recherche du CONSOREM (Consortium de Recherche en Exploration minière) rendus publics pour le bénéfice de l'ensemble de la communauté géologique, ceci après la période de confidentialité prévue aux règlements généraux du CONSOREM.

Bien que ce document ait subi un processus d'évaluation interne, des erreurs ou omissions peuvent s'y retrouver et seul CONSOREM en assume la responsabilité.

Le contenu du document demeure la propriété de son auteur et du CONSOREM et peut être reproduit en totalité ou en partie à des fins non-commerciales en citant la référence suivante :

*Faure, S., 2012. Potentiel de minéralisations de type IOCG en contexte intracratonique ou d'arcs continentaux dans les terrains archéens et protérozoïques du Québec. Rapport, Projet CONSOREM 2010-08, 23 p.*

Toutefois, la reproduction multiple de ce document, en tout ou en partie, pour diffusion à des fins commerciales est interdite, sauf avec la permission écrite de CONSOREM.

## CONSOREM

Université du Québec à Chicoutimi  
555, boulevard de l'Université  
Chicoutimi, QC, G7H 2B1

Tél. : (418) 545-5011 poste 5634

Courriel : [consorem@uqac.ca](mailto:consorem@uqac.ca)

Site Web: [www.consorem.ca](http://www.consorem.ca)

---

## SOMMAIRE EXÉCUTIF

---

Ce projet est orienté sur la recherche de contextes favorables au Québec pour les minéralisations hydrothermales du type IOCG (Iron Oxydes Copper Gold) sensu stricto c'est-à-dire des minéralisations économiquement viables pour l'exploitation du cuivre et de l'or ( $\pm$ U, ÉTR, Co). Ce type de minéralisation se retrouve surtout au Protérozoïque, mais également à la fin de l'Archéen et au Phanérozoïque. C'est pourquoi les provinces de Supérieur et de Grenville sont particulièrement visées. Il a été établi dans le projet antérieur 2009-05 que les plutons associés temporellement aux IOCG sont des intrusions de la suite monzonite-granite, d'affinité alcaline-calcique à alcaline et qui présentent des signatures géochimiques d'arcs volcaniques ou d'intrusions intraplaques. La reconnaissance de ces suites plutoniques et de leur environnement tectonique est en soi un critère d'exploration régionale.

Parmi les 8 065 échantillons lithogéochimiques d'intrusions felsiques et intermédiaires pour tout le Québec (banque Sigeom), seuls 8 % des échantillons présentent les critères géochimiques favorables recherchés. Ensuite par association spatiale, ces échantillons ont permis d'identifier sur carte les suites intrusives favorables aux minéralisations de type IOCG. Les environnements d'arcs volcaniques continentaux identifiés se trouvent principalement aux frontières de blocs lithotectoniques dans le Supérieur, alors que les intrusions intraplaques se concentrent à plusieurs endroits dans le Grenville. Les cibles d'exploration régionales et zonales sont basées sur les relations spatiales entre ces intrusions dites favorables d'une part et les structures majeures, les signatures magnétiques, et les anomalies de sédiments de fond de lac d'autres parts.

Dans le Supérieur, trois secteurs en particulier sont identifiés comme étant propices à la formation de minéralisations IOCG; 1) au sud de la ceinture de Cap Smith, le long de zones majeures de cisaillement N-S en bordure des suites de Pinguq et de La Chevrotière; 2) au nord de la Baie-James, dans le domaine de Tikkerutuk où des chapelets d'anomalies géochimiques de fond de lac longent des couloirs de déformation ESE qui découpent vraisemblablement un arc volcanique; 3) au SO de la Sous-province de l'Ashuanipi où les seules intrusions intraplaques du Supérieur, celles de la Suite de Viau, recourent orthogonalement l'arc continental de la Suite de Gamart. Dans ce dernier cas, la Suite de Viau, dont la signature géochimique s'apparente à la Suite de Wirrda dans le craton de Gawler (Olympic Dam), est interprétée selon l'analyse des failles et des linéaments, s'être mise en place dans un système en décrochement au cœur d'un horst tardi-archéen. Ce horst est visé en particulier pour l'exploration parce que les couloirs de failles ductiles-fragiles NE-SO qui le bordent ont des anomalies coïncidentes magnétiques et géochimiques et des minéralisations atypiques en fer.

Dans le Grenville, la région ciblée est celle de Kwjibo qui comporte une série de gîtes considérés comme étant les seuls représentants minéralisés (Cu – ETR) de la classe des IOCG dans le Grenville au Québec. Le projet a permis de reconnaître deux structures majeures orientées NO-SE traversant le Grenville et qui ont des empreintes géologiques (frontières lithotectoniques), magnétiques, tomographiques et géochimiques (fond de lac). La structure située au nord coïncide avec les indices et les gîtes IOCG de Kwjibo (Type Clunurry) et de Lac Marmont (Type Kiruna) et un chapelet de petites intrusions intraplaques tardi-tectoniques. Des cibles basées sur le contexte géologique, le magnétisme, et la géochimie de l'environnement secondaire sont proposées le long de ces deux structures à l'intersection avec des structures de chevauchement syn-orogéniques NE-SO.

---

## TABLE DES MATIERES

---

Avertissement.....	i
Sommaire exécutif.....	ii
Table des matières.....	iii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux.....	v
1 INTRODUCTION.....	1
2 CARACTÉRISTIQUES DES IOCG SENSU STRICTO.....	1
3 MÉTHODOLOGIE.....	3
3.1 Données et méthode.....	3
3.2 Autres données et méthode de ciblage.....	5
4 Résultats.....	5
4.1 Diagrammes discriminants.....	5
5 Analyses et cibles d'exploration par secteur.....	8
5.1 Grand-Nord.....	8
5.2 Ashuanipi.....	11
5.2.1 Cadre géologique régionale.....	11
5.3 Kwyjibo.....	15
5.3.1 Contexte géologique régional.....	15
5.3.2 Guides d'exploration.....	16
6 CONCLUSION.....	20
REMERCIEMENTS.....	20
Références.....	21

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Contexte tectonique de mise en place des IOCG sensu stricto (d'après Groves et al., 2010).....	2
Figure 2.	Diagrammes discriminants montrant les champs spécifiques aux intrusions associées aux principaux districts IOCG dans le monde tel qu'indiqué sur la légende (d'après la compilation de Lafrance, 2011). A) Diagramme d'environnements tectoniques de Pearce et al. (1984); SYN-COLG: Granite syn-collision, VAG: Granite d'arc volcanique, WPG: Granite intra-plaque. B) Diagramme de classification de roches ignées de Middlemost (1985); MONZ-DIOR: Monzodiorite, MONZ: Monzonite, SYEN: Syénite, QTZ-MONZ: Monzonite a quartz. C) Diagramme d'affinité géochimique de Frost et al., (2001); CALC: Calcique, ALC-CALC: Alcalin-calcique, ALC: Alcalin, CALC-ALC: Calcique-alcalin. ....	3
Figure 3.	Distribution des 8 065 échantillons (symbole X) lithogéochimiques d'intrusions felsiques et intermédiaires du SIGEOM (2009) par rapport aux provinces et sous-province géologiques, avec les échantillons classés dans les environnements d'arcs volcaniques (cercles verts, n = 474) et intraplaques (carrés rouges, n = 191). Les encadrés sont les régions discutées en détail dans le rapport. ....	4
Figure 4.	Diagrammes discriminants pour les 474 échantillons lithogéochimiques d'intrusions felsiques et intermédiaires du Québec compatibles avec un environnement d'arc volcanique. A) Diagramme d'altération de Large et al. (2001) modifié par Trépanier (2009). B) Diagramme de classification de roches magmatiques de Middlemost, 1985. C) Diagramme d'affinité magmatique de Frost et al. (2001). D) Diagramme d'affinité magmatique de Peccerillo et Taylor (1976). E) Environnements tectoniques de Pearce et al. (1984) avec les points de référence des intrusions associées aux IOCG de la région de Candelaria, Chili (Lafrance, 2010). Légende des champs selon la Figure 2. ....	6
Figure 5.	Diagrammes discriminants pour les 191 échantillons lithogéochimiques d'intrusions felsiques et intermédiaires du Québec compatibles avec un environnement intra plaque. A) Diagramme d'altération de Large et al. 2001 modifié par Trépanier (2009). B) Diagramme de classification de roches magmatiques de Middlemost (1985). C) Diagramme d'affinité magmatique de Frost et al. (2001). D) Diagramme d'affinité magmatique de Peccerillo et Taylor (1976). E) Environnements tectoniques de Pearce et al. (1984) avec le champ de référence pour les intrusions intra plaques associées à des IOCG selon Lafrance (2010). Légende des champs selon la Figure 2. ....	7
Figure 6.	Domaines lithotectoniques dans le Nord de la Province de Supérieur au Québec (Leclair, 2008) avec les principales suites plutoniques d'arcs volcaniques (en mauve) identifiées à partir des échantillons lithogéochimiques favorables (cercles verts) parmi tous les échantillons d'intrusions felsiques et intermédiaires (croix grises). Les encadrés montrent indiquent la localisation des Figures 7 et 8, respectivement au Nord et au Sud. ....	9
Figure 7.	Détails de la Figure 6. Suites plutoniques d'arcs volcaniques (en mauve) et anomalies dans les sédiments de fond de lac de type IOCG d'après Trépanier (2006) et Lamothe (2010) avec les failles (lignes noires) et les limites de domaines lithotectoniques (lignes épaisses bleu foncé ou en tirets noirs). ....	10
Figure 8.	Détails de la Figure 6. Suites plutoniques d'arcs volcaniques (en mauve) et anomalies dans les sédiments de fond de lac de type IOCG d'après Trépanier (2006) et Lamothe (2010) avec les failles (lignes noires) et les limites de domaines lithotectoniques (lignes épaisses bleu foncé ou en tirets noirs). ....	10
Figure 9.	Localisation des suites intrusives de Viau et de Gamart au SO de la Sous-province de l'Ashuanipi (Selon géologie du Sigeom, 2009). Les petits carrés rouges représentent échantillons d'environnement intraplaque calco-alcalin potassique ou shoshonitique mais calco-alcalin sur le diagramme de Frost et al. (2001). ....	12
Figure 10.	A) Suite de Viau (en jaune) et les échantillons lithogéochimiques intraplaques (carrés rouges) par rapport aux failles ductiles-cassantes (SIGEOM, 2009). Interprétation structurale d'un domaine en transpression (ombragé) en combinant les failles (A) et les	

linéaments magnétiques (Faure, 2011) et la localisation des plutons de la Suite de Viau (en mauve). .....	12
Figure 11. Signature magnétique des plutons de la Suite de Viau (trame avec contours noirs) et du couloir limité par des failles majeures, dont celle de Guichen (Leclair et al., 1998). Failles selon Sigeom (2009) et les données magnétiques de EDG. DEL= Batholithe de Delmothe. ....	14
Figure 12. Carte des anomalies magnétiques et géochimiques de sédiments de fond de lac dans le secteur de la Suite de Viau, Ashuanipi. Les anomalies ponctuelles de type IOCG sont de Trépanier (2006) et Lamothe (2010). Les anomalies magnétiques associées aux plutons connus de la Suite de Viau ne sont pas représentées; seules celles attribuées à des intrusions enfouies ou non affleurantes ou à des possibles corps à magnétite sont montrées. Les carrés pour les formations de fer proviennent de la localisation d’affleurements du Sigeom (2009). DEL = Batholithe de Delmothe. ....	14
Figure 13. Intrusions anorogéniques (surfaces en mauve et bordure noire) et leur âge (d’après Wodicka et al., 2002) avec les échantillons lithogéochimiques de signatures intraplaques. Deux alignements d’intrusions intraplaques sont observés; un le long d’une structure NO-SE, et un autre orienté NNE-SSO passant par le Granite de Bigot. À noter que les échantillons des complexes de Canatiche et Manitou indiquent des signatures d’arcs. ....	17
Figure 14. Signatures fortement magnétique des gîtes IOCG dans les secteurs de Kwyjibo et de Lac Marmont. ....	17
Figure 15. Anomalies magnétiques fortes dans la région du Lac Manitou comparables à l’intensité de la réponse magnétique autour des minéralisations de Kwyjibo et de Lac Marmont. ....	18
Figure 16. Anomalies magnétiques mises en relation spatiale avec les anomalies de sédiments de fond de lac en Cu, U, Mo et Nb (valeurs en ppm). Les anomalies ponctuelles de fond de lac en Cu, U et La (cercles de couleur) sont des anomalies calculées par régression spatiale selon les approches de Trépanier (2006) et Lamothe (2010). ....	19
Figure 17. a) Résumé des cibles d’exploration (en rouge) dans la région de Kwyjibo et Lac Marmont. B) Comparaison à la même échelle avec le district minier de Norrbotten (d’après Wanhainen et al., 2006) montrant notamment certaines similitudes dans l’orientation des grandes failles avec Kwyjibo. ....	19

---

## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1. Diagrammes discriminants et éléments chimiques requis pour la discrimination d’échantillons favorables aux IOCG. ....	5
Tableau 2. Suites plutoniques appartenant possiblement à des arcs volcaniques continentaux dans le Grand Nord (d’après la synthèse de Simard, 2008; QZ : quartzifère). ....	8
Tableau 3. Comparaison entre la région de l’Ashuanipi et celle de Carajas au Brésil. ....	15

---

## 1 INTRODUCTION

---

Ce rapport est orienté sur la recherche de contextes favorables au Québec pour les minéralisations hydrothermales du type IOCG (Iron Oxydes Copper Gold) sensu stricto telles que définies par Groves *et al.* (2010), c'est-à-dire des minéralisations économiquement viables pour l'exploitation du cuivre et de l'or ( $\pm$  U, ÉTR, Co). Ce type de minéralisation se retrouve surtout au Protérozoïque (Olympic Dam et Clunccurry, Australie), mais également à la fin de l'Archéen (Salobo, province de Carajas au Brésil) et au Phanérozoïque (Candelaria, Chili). À part les gîtes IOCG assignés au sous-type Clunccurry dans le secteur de Kwjibo dans le Grenville (125 km au NE de Sept-Îles), aucune autre minéralisation de ce type n'est aussi clairement connue au Québec (Gauthier et Chartrand, 2005; Corriveau *et al.*, 2007). Pourtant la superficie des territoires protérozoïques (provinces de Grenville et de Churchill) et archéens (Province de Supérieur) au Québec représente plus de 1 563 M km<sup>2</sup>, soit 93,2 % de la province de Québec.

Ce rapport fait suite au projet 2009-05 sur la reconnaissance géochimique des plutons associés aux minéralisations IOCG sensu stricto (Lafrance, 2011). La méthodologie de ce projet alors développée pour la Sous-province d'Abitibi est maintenant appliquée pour les provinces de Grenville et de Supérieur (sauf l'Abitibi). L'accent est mis dans ce rapport sur les relations spatiales entre les intrusions dites favorables aux IOCG d'une part et les structures majeures, les signatures géophysiques, et les anomalies de sédiments de fond de lac d'autres parts. Des cibles régionales sont générées pour les régions du Grand-Nord et de l'Ashuanipi dans la Province de Supérieur et des cibles plus locales dans le secteur de Kwjibo.

---

## 2 CARACTÉRISTIQUES DES IOCG SENSU STRICTO

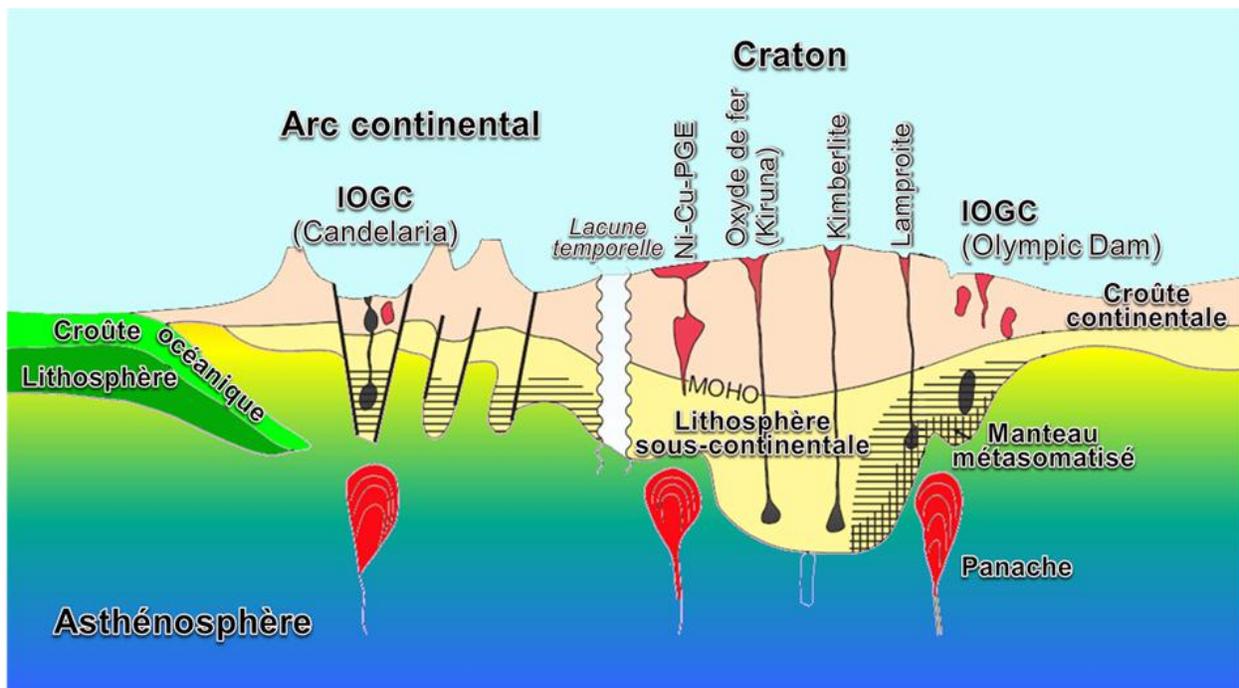
---

Un modèle d'exploration à une échelle régionale demande d'isoler les principales caractéristiques du type de minéralisation recherché. Les 12 plus importants gisements IOCG (>100 tonnes de minerais) dans le monde sont localisés dans des environnements intra cratoniques, à environ 100 km de la marge d'un craton (archéen ou protérozoïque) ou d'une frontière lithosphérique, et se mettent en place de 100 à 200 Ma après la formation d'un supercontinent (Corriveau, 2007; Groves *et al.*, 2010). Le contexte tectonique au moment de leur formation est surtout anorogénique et le magmatisme ainsi que l'activité hydrothermale associée sont la résultante d'un sous-placage mantellique et/ou d'un panache mantellique (**Figure 1**). Un environnement d'extension et des conditions particulières de contamination par le manteau au sein d'arcs volcaniques continentaux sont également invoqués comme dans le cas de Candelaria au Chili (**Figure 1**).

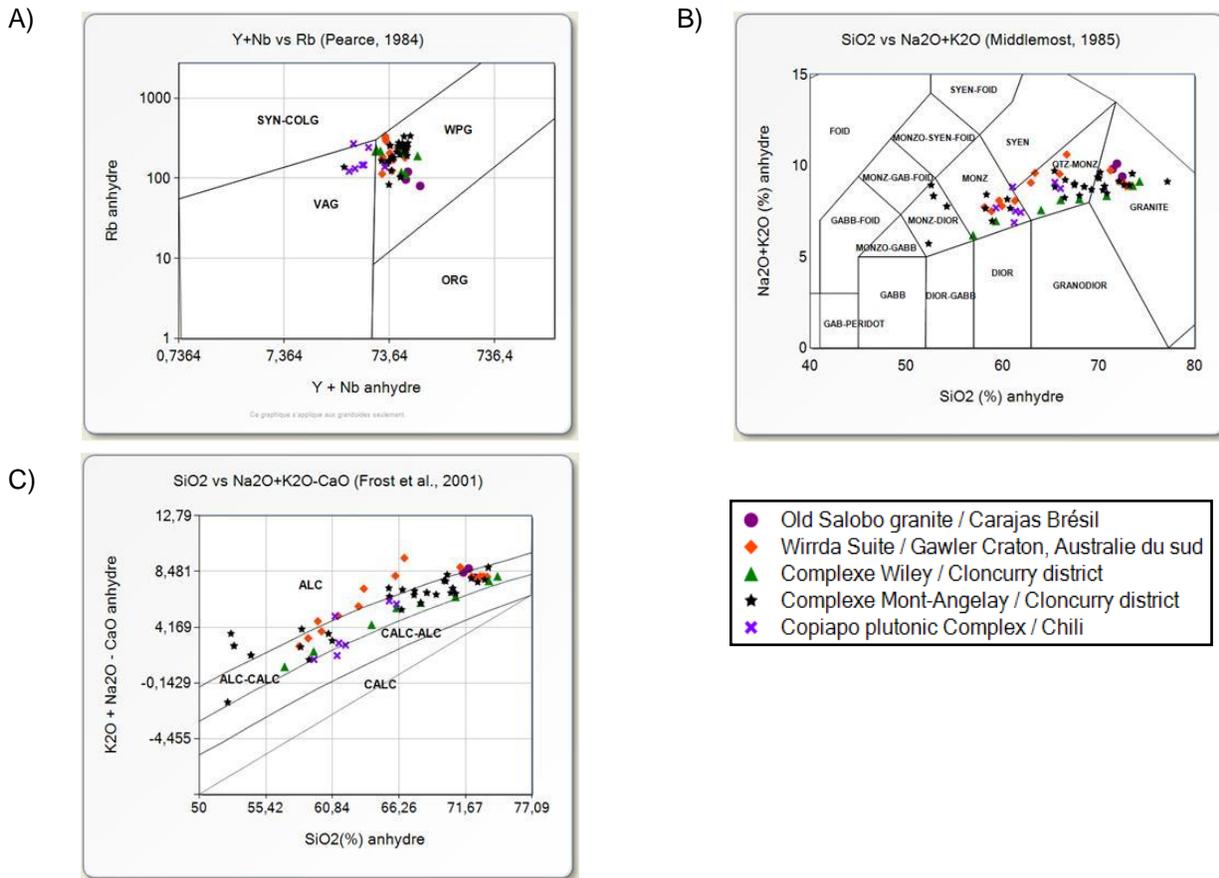
Les minéralisations sont contemporaines de suites magmatiques mafiques à felsiques et sont localisées dans, en bordure, ou loin de ces plutons qui sont très variables en superficie depuis la dimension d'un stock, comme à Salobo, à de grands batholithes comme à Olympic Dam (Requia *et al.*, 2003; Reynolds 2000). Ces suites plutoniques sont tardi- à post-tectoniques et sont regroupées au sein de grands corridors magmatiques (20 à plus de 50 km de largeur) définissant ainsi une cible régionale de premier ordre. À l'intérieur de ces corridors magmatiques, les minéralisations sont généralement associées à des couloirs de déformation (ductile et/ou cassante) kilométriques à plurimétriques (<10 km), définissant ainsi

des cibles de deuxième ordre. Ces zones de failles et de brèches correspondent généralement à des cisaillements majeurs transcrustaux ou à des limites de domaines lithotectoniques (Groves et al., 2010).

Du point de vue géochimique, les plutons associés temporellement aux IOCG, mais pas nécessairement proximaux dans l'espace, sont des intrusions de la suite monzonite-granite, d'affinité alcaline-calcique à alcaline, voire shoshonitique, et qui présentent des signatures d'arcs volcaniques ou d'intrusions intraplaques (**Figure 2**; Lafrance, 2011). Ces plutons se distinguent des porphyres à Cu-(Mo), qui sont associés aux épisodes compressifs d'arc, mais ont certaines affinités géochimiques avec les porphyres monzonitiques à Cu-(Mo-Au) tel que défini par Seedorff et al. (2005).



**Figure 1.** Contexte tectonique de mise en place des IOCG sensu stricto (d'après Groves et al., 2010).



**Figure 2.** Diagrammes discriminants montrant les champs spécifiques aux intrusions associées aux principaux districts IOCG dans le monde tel qu'indiqué sur la légende (d'après la compilation de Lafrance, 2011). A) Diagramme d'environnements tectoniques de Pearce et al. (1984); SYN-COLG: Granite syn-collision, VAG: Granite d'arc volcanique, WPG: Granite intra-plaque. B) Diagramme de classification de roches ignées de Middlemost (1985); MONZ-DIOR: Monzodiorite, MONZ: Monzonite, SYEN: Syénite, QTZ-MONZ: Monzonite a quartz. C) Diagramme d'affinité géochimique de Frost et al., (2001); CALC: Calcique, ALC-CALC: Alcalin-calcique, ALC: Alcalin, CALC-ALC: Calcique-alcalin.

### 3 MÉTHODOLOGIE

Approche méthodologique pour le Québec.

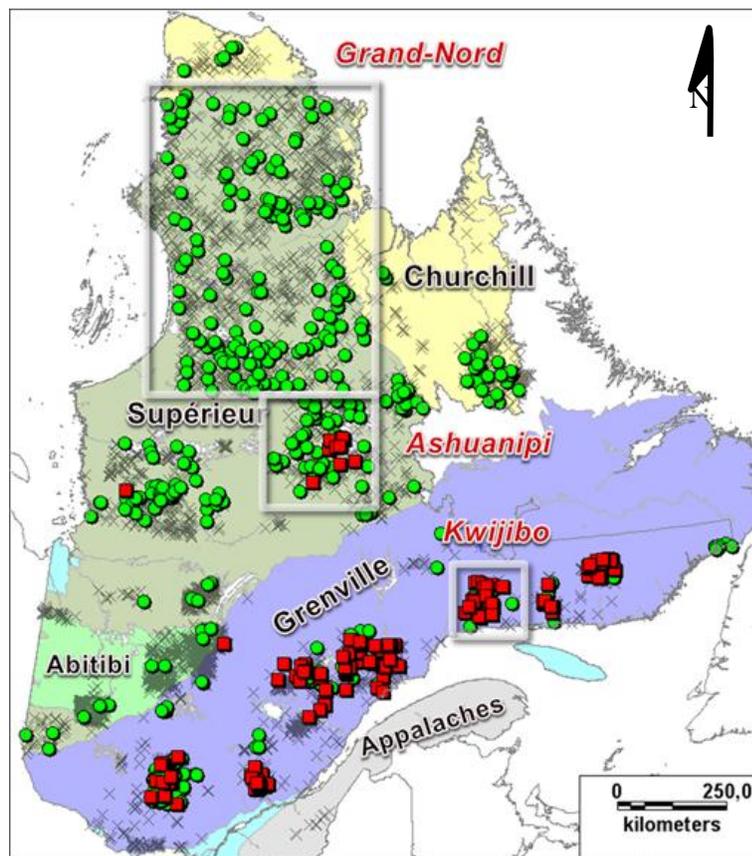
#### 3.1 Données et méthode

Au total, 8 065 échantillons lithogéochimiques d'intrusions felsiques et intermédiaires (code I1 et I2 du ministère des Ressources naturelles et de la Faune - MRNF) ont été sélectionnés dans la banque géochimique du SIGEOM en date de septembre 2009 (**Figure 3**).

Le **Tableau I** résume les diagrammes discriminants utilisés et les éléments nécessaires pour le traitement de la lithogéochimie. Le logiciel CONSOREM Lithomodeleur (Trépanier 2009) a été utilisé. Un protocole

de sélection d'échantillons répondant aux critères d'intrusions favorables aux minéralisations de type IOCG tels que définis à la section 2 et par Lafrance (2010) est présenté ici. Les échantillons lithogéochimiques devaient :

- 1) ne pas être altérés, c'est-à-dire situés dans le champ des roches fraîches de Large et al. (2001) modifié par Trépanier (2009) et contenir moins de 2 % de perte au feu (PAF);
- 2) être situés dans la suite Monzonite-Granite dans le diagramme de Middlemost (1985);
- 3) avoir une affinité alcaline c'est-à-dire situés dans les champs alcalin-calciques ou alcalins de Frost et al. (2001) et appartenir aux séries calco-alcaline potassique ou shoshonitique de Peccerillo et Taylor (1976); et finalement ;
- 4) être situés dans les champs de granites d'arcs volcaniques (type Candelaria) ou intraplaques (type Olympic Dam).



**Figure 3.** Distribution des 8 065 échantillons (symbole X) lithogéochimiques d'intrusions felsiques et intermédiaires du SIGEOM (2009) par rapport aux provinces et sous-province géologiques, avec les échantillons classés dans les environnements d'arcs volcaniques (cercles verts, n = 474) et intraplaques (carrés rouges, n = 191). Les encadrés sont les régions discutées en détail dans le rapport.

**Tableau 1.** Diagrammes discriminants et éléments chimiques requis pour la discrimination d'échantillons favorables aux IOCG.

Critère géochimique	Diagramme	Éléments
Altération	Large et al., 2001 modifié par Trépanier, 2009	MgO, K <sub>2</sub> O, CaO, Na <sub>2</sub> O, FeOT
Suite plutonique	Middlemost, 1985	SiO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O
Affinité	Frost et al., 2001 Peccerillo et Taylor, 1976	SiO <sub>2</sub> , K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O, CaO
Contexte tectonique	Pearce et al., 1984	Y, Nb, Rb

### 3.2 Autres données et méthode de ciblage

Par la suite, la position des échantillons lithogéochimiques sélectionnés comme ayant une affiliation magmatique favorable a été comparée avec celles de suites plutoniques felsiques et intermédiaires de la carte géologique, de limites de blocs lithotectoniques (c.-à-d. failles transcrustales), de failles régionales, d'indices et de gîtes connus. Ces échantillons ont été également mis en relation spatiale avec la carte métamorphique du Grenville, des datations, de la géophysique (magnétisme, gravité, et tomographie sismique) ainsi que de la géochimie de l'environnement secondaire (sédiments de fond de lac).

---

## 4 RESULTATS

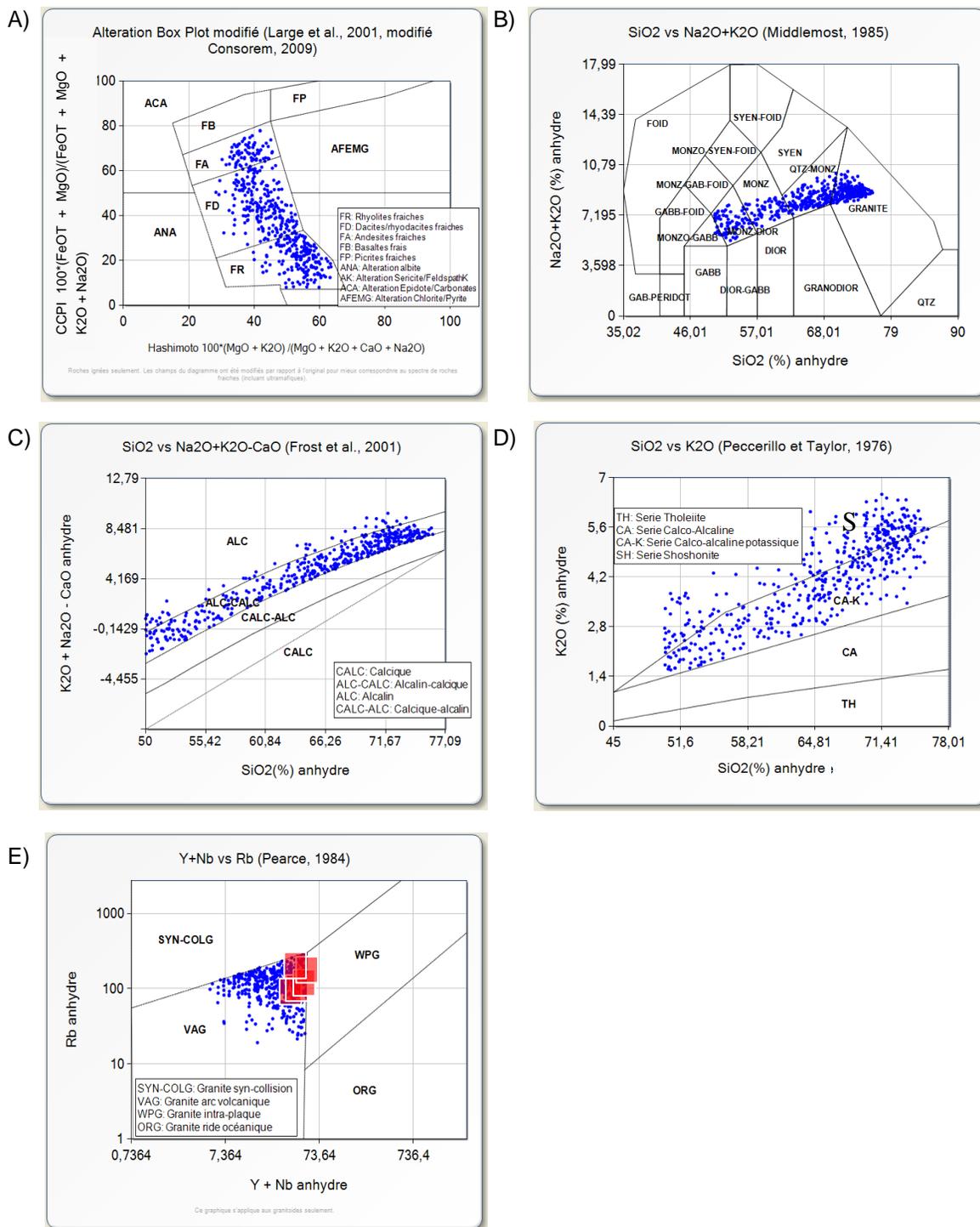
---

### 4.1 Diagrammes discriminants

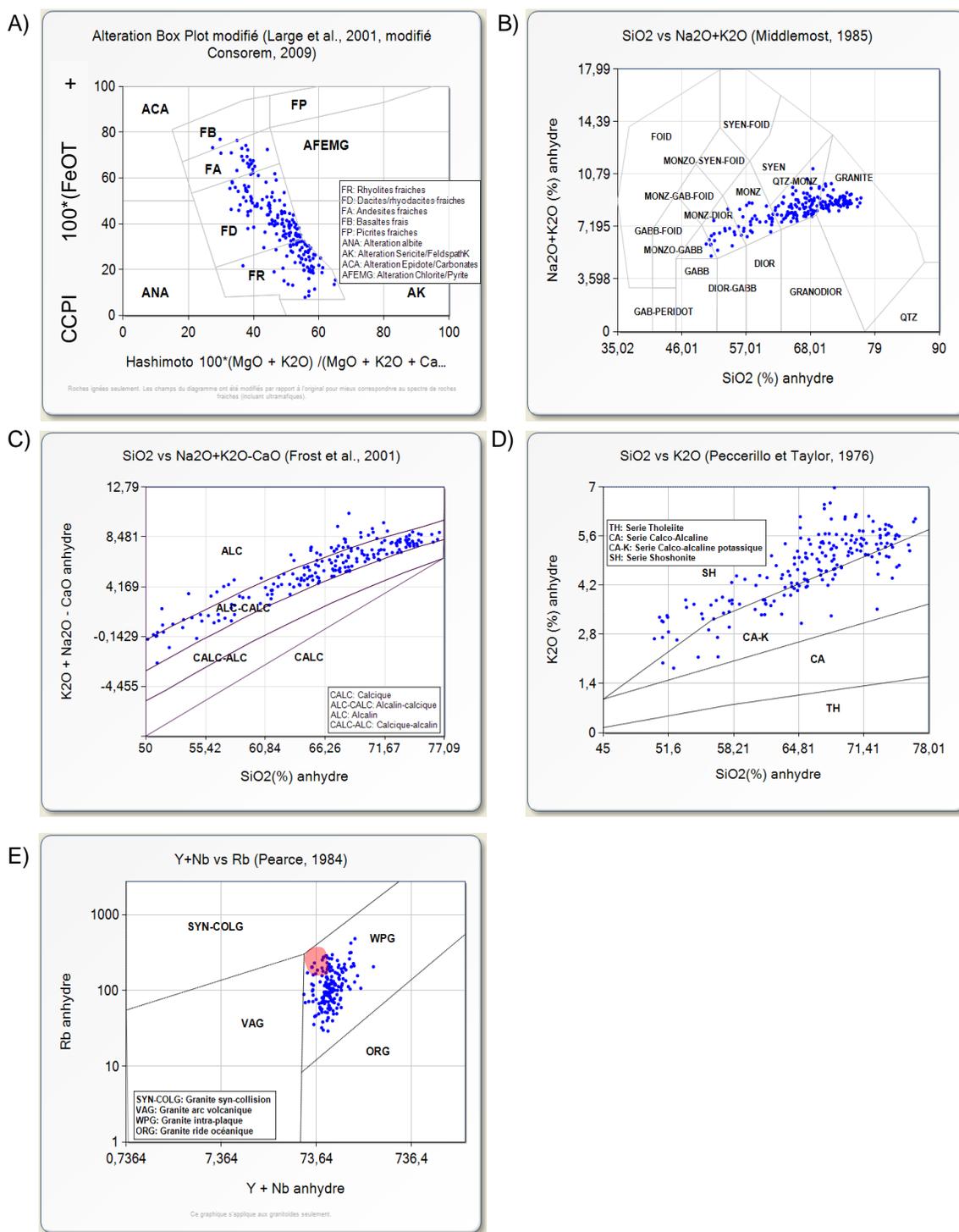
Parmi les 8 065 échantillons lithogéochimiques d'intrusions felsiques et intermédiaires, 474 remplissent les quatre conditions lithogéochimiques favorables pour des suites intrusives d'arcs volcaniques du type IOCG (**Figures 3 et 4**). La majorité des échantillons sont dans le champ alcalin-calcique de Frost et al., 2001 et leur affinité shoshonitique s'accroît avec le degré de fractionnement (valeurs SiO<sub>2</sub> élevées). Tout comme les échantillons du Complexe plutonique de Copiapo au Chili (**Figure 2**), les échantillons d'environnement d'arcs volcaniques au Québec sont situés près ou aux frontières de granites syn-collisions ou intraplaques (**Figure 4**). Ces échantillons sont situés principalement dans la partie centrale de la Province de Supérieur et dans une moindre mesure dans le Grenville (**Figure 3**).

Les 191 échantillons d'intrusions felsiques et intermédiaires qui répondent aux critères de sélection lithogéochimique des IOCG pour des environnements intraplaques se retrouvent très majoritairement dans la province de Grenville (**Figure 3**). Dans le Supérieur, seul un regroupement d'échantillons est reconnu dans la Sous-province de l'Ashuanipi. Contrairement aux échantillons d'environnement d'arc volcaniques, les 191 échantillons se regroupent clairement au sein des granites intraplaques, distinctement des granites d'arcs et de rides océaniques, et dans le champ des principaux districts de

IOCG dans le monde (**Figures 2 et 5**). Ces échantillons sont aussi, sinon plus alcalins, que les échantillons d'environnement d'arcs.



**Figure 4.** Diagrammes discriminants pour les 474 échantillons lithogéochimiques d'intrusions felsiques et intermédiaires du Québec compatibles avec un environnement d'arc volcanique. A) Diagramme d'altération de Large et al. (2001) modifié par Trépanier (2009). B) Diagramme de classification de roches magmatiques de Middlemost, 1985. C) Diagramme d'affinité magmatique de Frost et al. (2001). D) Diagramme d'affinité magmatique de Peccerillo et Taylor (1976). E) Environnements tectoniques de Pearce et al. (1984) avec les points de référence des intrusions associées aux IOCG de la région de Candelaria, Chili (Lafrance, 2010). Légende des champs selon la Figure 2.



**Figure 5.** Diagrammes discriminants pour les 191 échantillons lithogéochimiques d'intrusions felsiques et intermédiaires du Québec compatibles avec un environnement intra plaque. A) Diagramme d'altération de Large et al. 2001 modifié par Trépanier (2009). B) Diagramme de classification de roches magmatiques de Middlemost (1985). C) Diagramme d'affinité magmatique de Frost et al. (2001). D) Diagramme d'affinité magmatique de Peccherillo et Taylor (1976). E) Environnements tectoniques de Pearce et al. (1984) avec le champ de référence pour les intrusions intra plaques associées à des IOCG selon Lafrance (2010). Légende des champs selon la Figure 2.

## 5 ANALYSES ET CIBLES D'EXPLORATION PAR SECTEUR

Cette section présente l'analyse des relations spatiales des lithologies favorables avec la géologie, la géophysique et la géochimie de l'environnement secondaire (échantillons de fond de lac) pour 3 secteurs ciblés au Québec : Grand-Nord et l'Ashuanipi dans la Province archéenne de Supérieur, et la région de Kwyjibo dans la Province protérozoïque de Grenville (**Figure 1**).

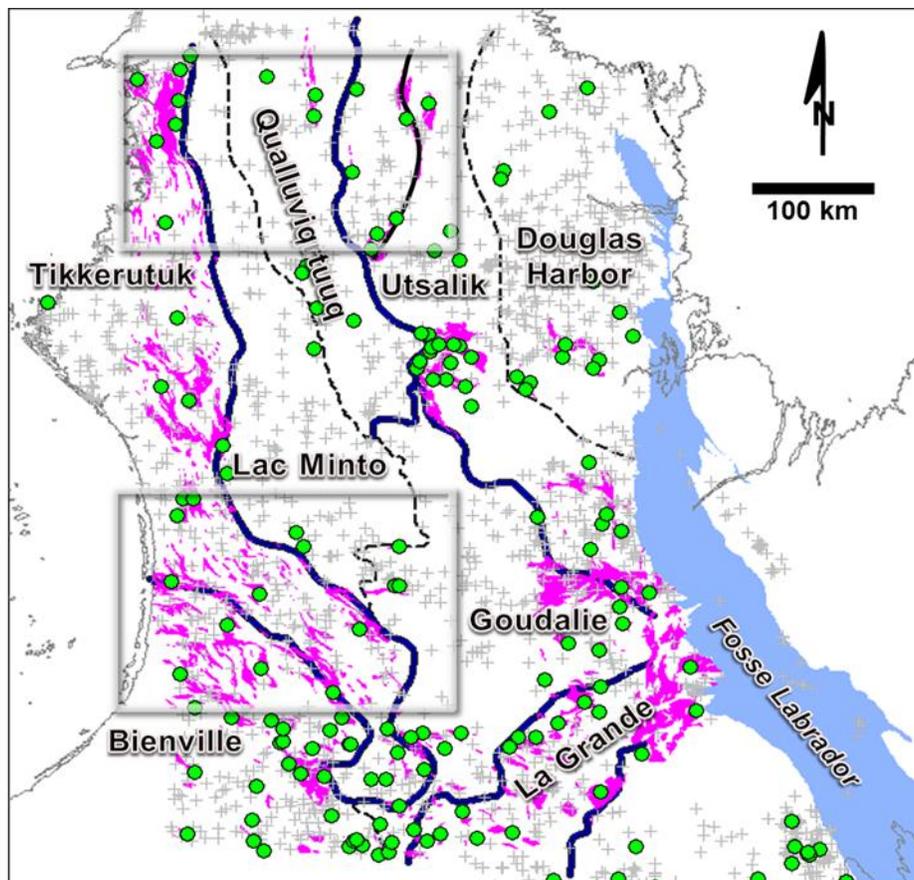
### 5.1 Grand-Nord

La distribution des échantillons I1 et I2 ainsi que les échantillons de type arcs volcaniques alcalins par rapport aux principaux domaines lithotectoniques du Grand-Nord sont présentés sur la **Figure 6**. Des suites intrusives dans lesquelles sont retrouvés ces échantillons favorables ont été identifiées comme des cibles régionales de premier ordre. Il s'agit des intrusions majoritairement potassiques de la série des GGM (granodiorite, granite, monzogranite) appartenant aux suites de La Chevrotière, Pinguq, Maurel, Belloy, et Desbergères (**Tableau 2**). Toutes ces suites montrent des signatures géochimiques similaires (Simard, 2008). La majorité d'entre-elles sont situées aux frontières de blocs lithotectoniques, notamment autour du bloc constitué par les domaines de Lac Minto, Goudalie et Qualluviqrtuuq (**Figure 6**). Ces suites plutoniques succèdent de plusieurs dizaines, voire une centaine de millions d'années la formation d'une croûte continentale de source juvénile (ceintures de roches vertes datées entre 2880 et 2750 Ma; Simard, 2008). Ces intrusions syn- à post-tectoniques sont synchrones d'un volcanisme felsique calco-alcalin mis en place dans un environnement intra plaque (complexe de Duvert par exemple; Boily et Maurice, 2008). Les phases intrusives les plus jeunes (Maurel, Tramont et Belloy) correspondent au stade final de cratonisation dans les sous-provinces de Minto et de La Grande (Simard, 2008). D'après les diagrammes discriminants présentés (**Figure 4**), toutes ces suites plutoniques représenteraient des arcs volcaniques, vraisemblablement continentaux (Percival et al., 1992; Leclair, 2008), le long de frontières lithotectoniques majeures.

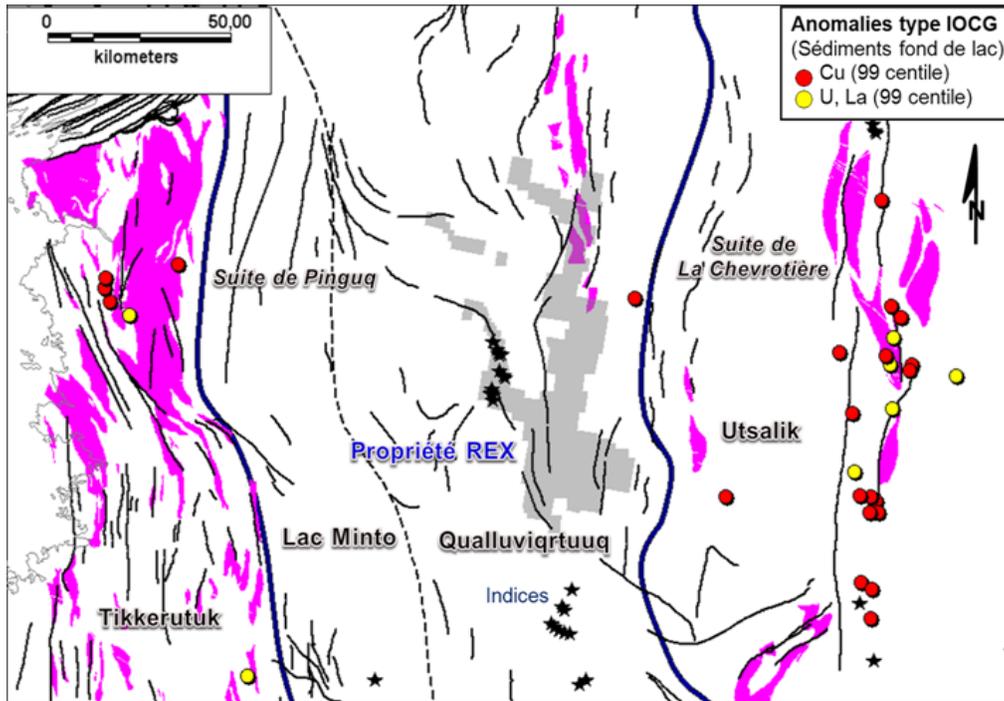
**Tableau 2.** Suites plutoniques appartenant possiblement à des arcs volcaniques continentaux dans le Grand Nord (d'après la synthèse de Simard, 2008; QZ : quartzifère).

Suite plutonique	Lithologie	Domaine / Frontière	Âge (Ma)
Belloy	Monzonite, monzodiorite QZ	Douglas Harbor	2690
Tramont	Monzogranite massif	La Grande / Goudalie	2701-2698
Maurel	Granite, monzodiorite	La Grande / Goudalie / Utsalik	2707-2886
Loups Marins	Diorite QZ, granite	Tikkerutuk / Bienville	2715-2705
Desbergères	Granodiorite, monzogranite	Tikkerutuk / Bienville	2720-2710
La Chevrotière	Granite, monzonite QZ	Utsalik	2734-2719
Pinguq	Granite, monzonite QZ	Tikkerutuk	2727-2725

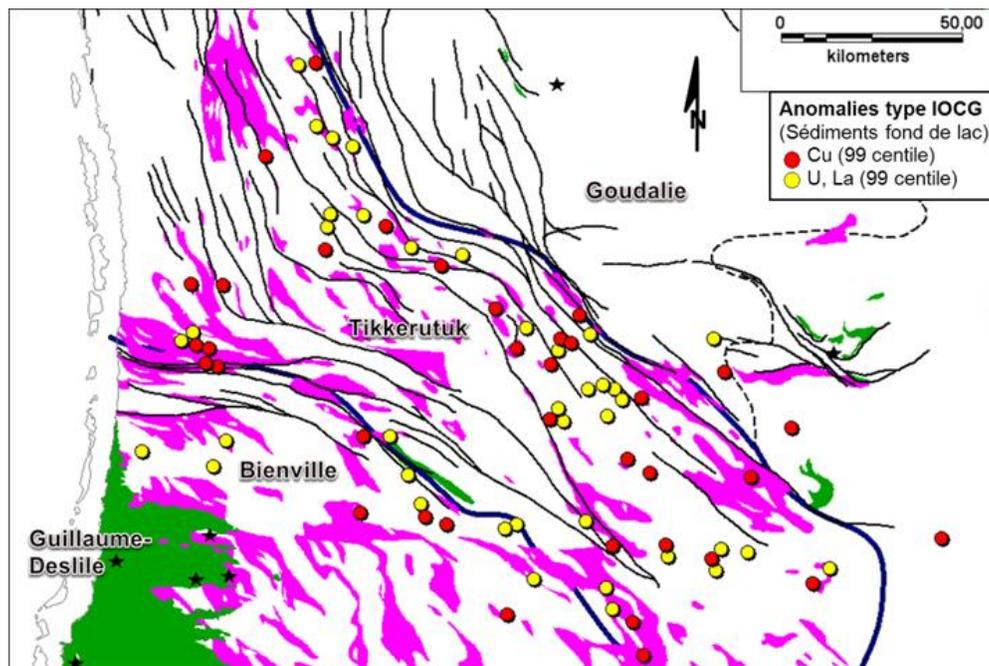
Le ciblage à une échelle plus locale est évalué en utilisant les anomalies ponctuelles en Cu, U et La (99 centiles) dans les sédiments de fond de lac qui ont été calculées par régression spatiale multiple pour des groupes d'éléments communément rencontrés dans les minéralisations IOCG (Trépanier, 2006 et Lamothe, 2010 pour le détail de la méthode). Cette méthode est particulièrement efficace pour déterminer des cibles ponctuelles à partir d'échantillons ne montrant pas, a priori, de valeurs anormales significatives. Seules les anomalies de sédiments de fond de lac situées à moins de 30 km de frontières lithotectoniques ont été retenues. Les résultats sont présentés en détail pour le nord-ouest et le sud-ouest de la région (**Figures 7 et 8**). Au NO de la région, un groupe d'échantillons anomaux est localisé de part et d'autre d'une masse intrusive de la Suite de Pinguq dans le domaine de Tikkerutuk et en bordure de zones de déformation régionales (**Figure 7**). À l'est, un second groupe d'échantillons s'aligne le long d'une structure orientée N-S de plus de 200 km de longueur intimement associée à la Suite de La Chevrotière (**Figure 7**). Au sud-ouest de la région du Grand-Nord, plusieurs anomalies favorables de type IOCG se retrouvent dans le domaine de Tikkerutuk près de la frontière avec le domaine de Goudalie et parallèlement à des zones de déformation régionale (**Figure 8**). Un autre groupe d'anomalies est situé le long de la frontière entre les domaines de Bienville et de Tikkerutuk.



**Figure 6.** Domaines lithotectoniques dans le Nord de la Province de Supérieur au Québec (Leclair, 2008) avec les principales suites plutoniques d'arcs volcaniques (en mauve) identifiées à partir des échantillons lithogéochimiques favorables (cercles verts) parmi tous les échantillons d'intrusions felsiques et intermédiaires (croix grises). Les encadrés montrent indiquent la localisation des Figures 7 et 8, respectivement au Nord et au Sud.



**Figure 7.** Détails de la Figure 6. Suites plutoniques d'arcs volcaniques (en mauve) et anomalies dans les sédiments de fond de lac de type IOCG d'après Trépanier (2006) et Lamothe (2010) avec les failles (lignes noires) et les limites de domaines lithotectoniques (lignes épaisses bleu foncé ou en tirets noirs).



**Figure 8.** Détails de la Figure 6. Suites plutoniques d'arcs volcaniques (en mauve) et anomalies dans les sédiments de fond de lac de type IOCG d'après Trépanier (2006) et Lamothe (2010) avec les failles (lignes noires) et les limites de domaines lithotectoniques (lignes épaisses bleu foncé ou en tirets noirs).

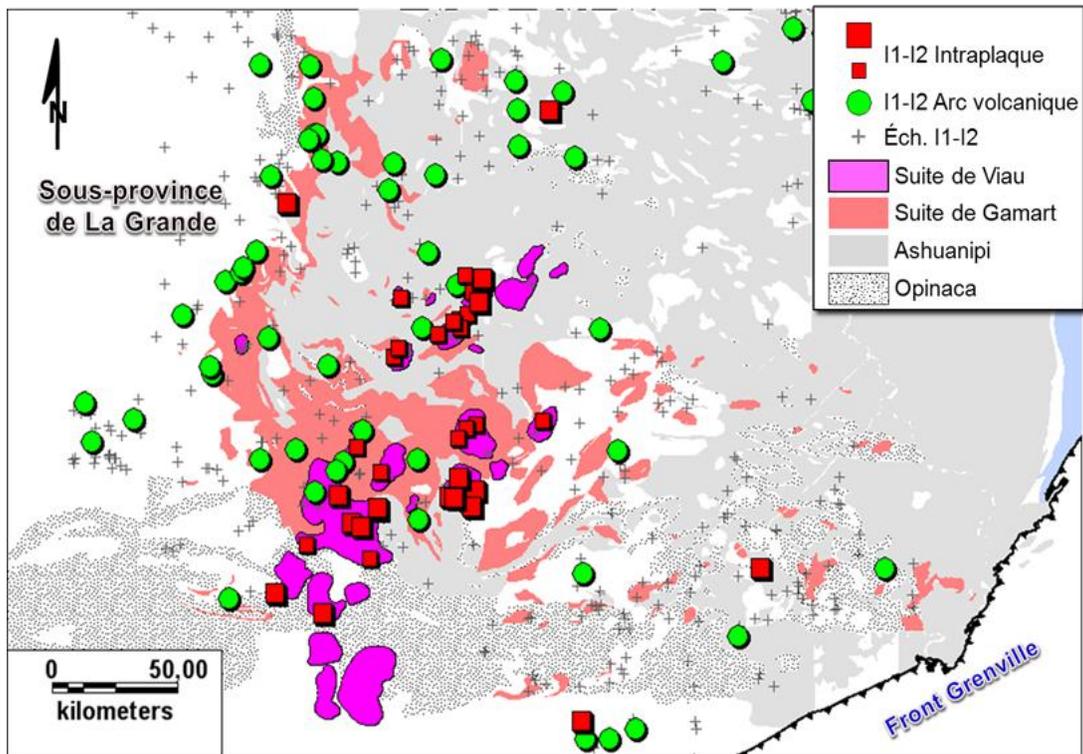
## 5.2 Ashuanipi

### 5.2.1 Cadre géologique régionale

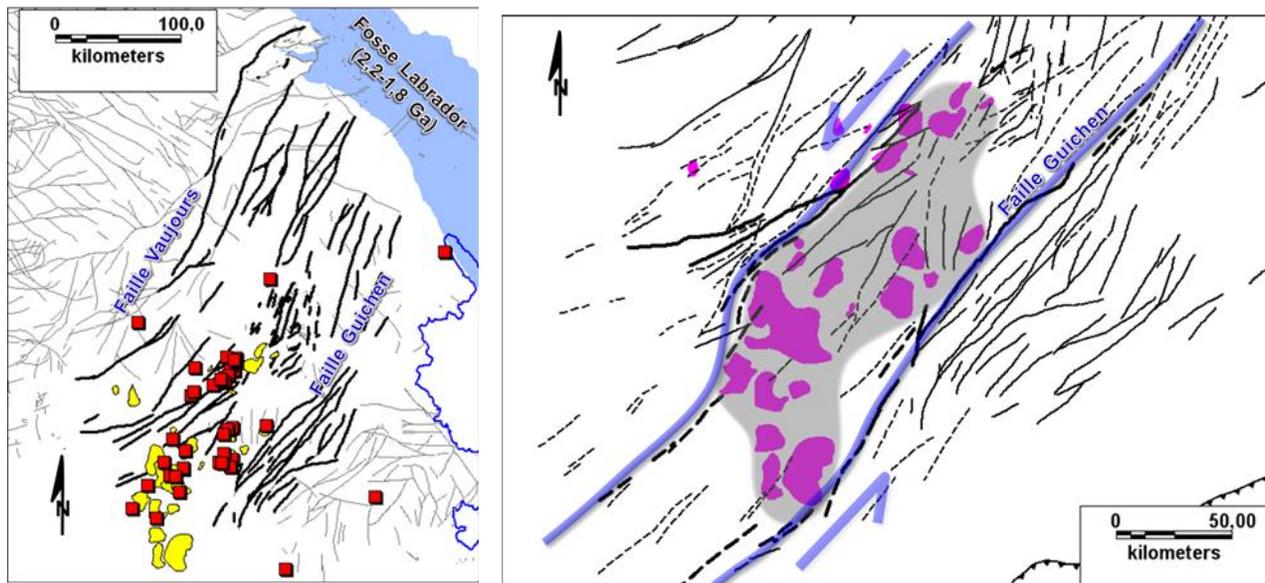
Les cibles d'exploration les plus intéressantes du Supérieur au Québec sont situées au sud-ouest de la Sous-Province de l'Ashuanipi (**Figures 3 et 9**). L'Ashuanipi est un complexe plutonique métamorphisé au faciès supérieur des amphibolites et des granulites et est constitué de paragneiss migmatitique et de grandes masses de diatexite à orthopyroxène (Percival et al., 1992; Card et Poulsen, 1998; Lamothe et al., 2000, Thériault et Chevé, 2000). La mise en place des roches sédimentaires se serait terminée vers 2726 Ma alors que le métamorphisme a atteint son paroxysme entre 2684 et 2636 Ma (Wodicka et al., 2009). C'est dans cette sous-province qu'on retrouve les intrusions les plus jeunes du Supérieur (2670-2571 Ma; Simard, 2008; Wodicka et al., 2009). Deux suites intrusives retiennent un intérêt pour l'exploration des IOCG dans cette région: la Suite de Gamart et celle de Viau.

La Suite de Gamart (2647 Ma; Parent, 1998) forme une grande masse intrusive à la frontière entre les sous-provinces de l'Ashuanipi, à l'est, et de La Grande et de l'Opinaca, à l'ouest (**Figure 9**). Elle est constituée de roches intrusives foliées de composition granitique issue de la fusion partielle des intrusions de diatexites constituant l'Ashuanipi (Lamothe et al., 2000). La grande majorité des échantillons lithogéochimiques à l'intérieur de cette suite montre une signature d'arc volcanique alcalin (**Figure 9**). Cette suite pourrait marquer le stade final de collision entre l'Ashuanipi et les sous-provinces de La Grande et d'Opinaca.

La Suite de Viau (2571 Ma; David et Parent, 1997; Parent, 1998) représente un groupe de d'intrusions granitiques post-tectoniques subcirculaires situées à la jonction triple entre les sous-provinces de l'Ashuanipi, La Grande et Opinaca et recoupant à angle fort la suite de Gamart (Lamothe et al., 2000; **Figure 9**). Les intrusions sont typiquement zonées avec un cœur de granite à fluorine et magnétite, et une auréole de syénogranite (Lamothe et al., 2000). La signature géochimique des échantillons de cette Suite plutonique indique clairement un environnement intraplaque favorable pour les IOCG (**Figure 9**). La suite anorogénique de Viau est située au cœur d'un couloir de failles ductiles-cassantes délimité par les zones de déformation de Vaujourn au NO et de Guichen au SE (**Figure 10**; Gauthier, 2000; Leclair et al., 1998). Selon la géométrie combinée des failles (SIGEOM, 2009) et des linéaments magnétiques interprétés (Faure, 2011) ainsi que des indicateurs cinématiques impliquant des mouvements senestres le long des failles NO-SE (Leclair et al., 1998), le cœur de ce couloir pourrait représenter un domaine continental tardi-archéen formé en décrochement tel qu'illustré à la **Figure 10b**. Ce cœur est plus magnétique que la moyenne de la région ainsi que les plutons qui le sont fortement avec des valeurs typiquement supérieures à 500 nT (**Figure 11**). Ce domaine fortement magnétique est comparable à la signature de terrains métamorphisés au faciès des granulites ailleurs dans les provinces de Supérieur (Gauthier et al., 2007) et de Grenville (Faure, 2007). Le magnétisme de part et d'autre des failles Vaujourn et Guichen, est par contre plus faible et est typique de roches métamorphisées à des faciès métamorphiques inférieurs (amphibolites ou schistes verts). La partie centrale fortement magnétique pourrait représenter l'exhumation d'une croûte plus profonde, ce qui implique également des mouvements verticaux (transpression). Ces deux failles marquent donc un contraste métamorphique important, un ingrédient favorable pour la circulation des fluides dans la croûte (Gauthier et al., 2007).



**Figure 9.** Localisation des suites intrusives de Viau et de Gamart au SO de la Sous-province de l'Ashuanipi (Selon géologie du Sigeom, 2009). Les petits carrés rouges représentent échantillons d'environnement intraplaque calco-alcalin potassique ou shoshonitique mais calco-alcalin sur le diagramme de Frost et al. (2001).



A)

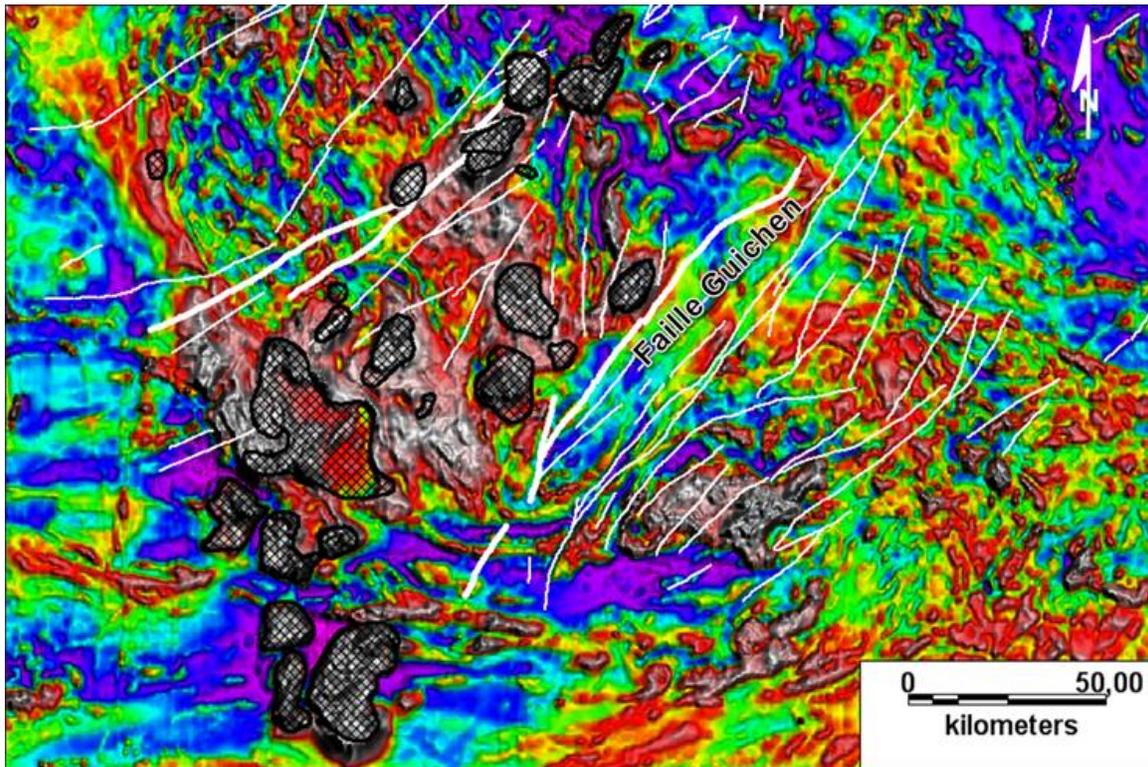
B)

**Figure 10.** A) Suite de Viau (en jaune) et les échantillons lithogéochimiques intraplaques (carrés rouges) par rapport aux failles ductiles-cassantes (SIGEOM, 2009). Interprétation structurale d'un domaine en transpression (ombragé) en combinant les failles (A) et les linéaments magnétiques (Faure, 2011) et la localisation des plutons de la Suite de Viau (en mauve).

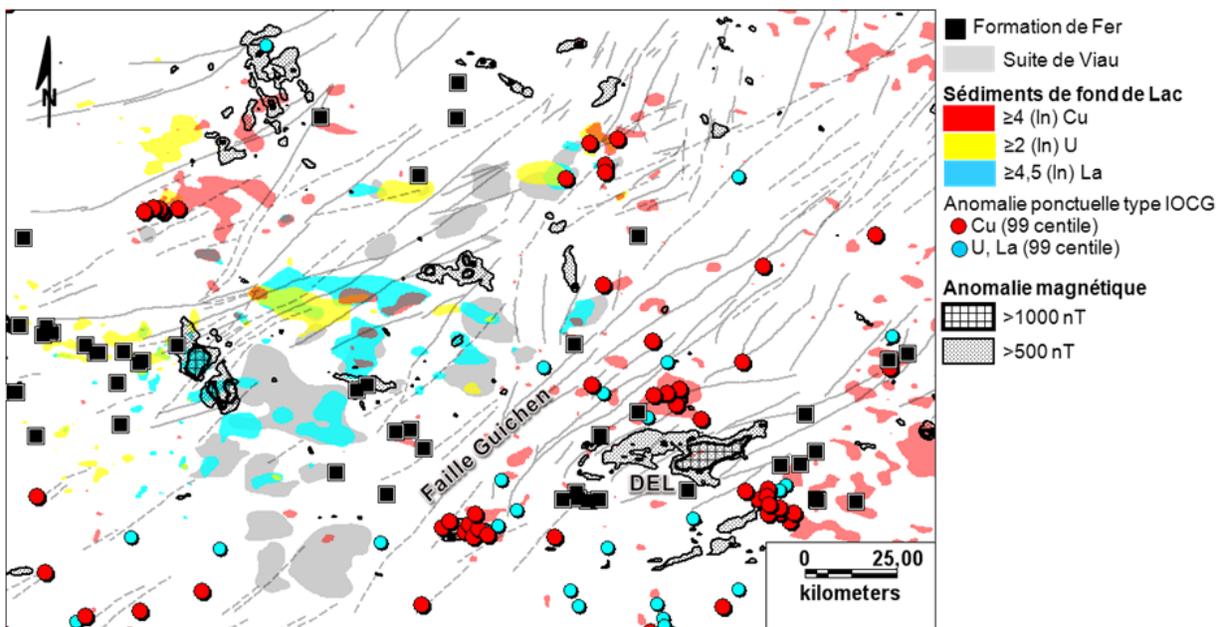
### 5.2.1 Guides d'exploration

L'impact pour l'exploration est d'autant plus intéressant lorsqu'on intègre collectivement les différentes anomalies géologiques, géophysiques et géochimiques (**Figure 12**). L'intersection entre les suites de Gamart et de Viau, dont les critères géochimiques correspondent à des intrusions associées aux IOCG, est déjà un fait en soi digne de mention et représente une cible d'envergure régionale. On note clairement dans les sédiments de fond de lac des domaines anomaux en Cu associés spatialement à la Suite de Gamart et des domaines anomaux en U et La correspondant à la Suite de Viau (**Figure 12**). La combinaison à quelques endroits de ces trois éléments le long de structures NE-SO représente des cibles zonales. Plusieurs anomalies ponctuelles dans l'environnement secondaire définies pour des minéralisations du type IOCG (Trépanier, 2006; Lamothe, 2010) s'alignent le long de failles NE-SO, notamment à l'intérieur de la zone de déformation de Guichen (**Figure 12**). Plusieurs lambeaux de formation de fer silicatées et rubanées de type Algoma sont présents dans le secteur ciblé (Leclair et al., 1998; Lamothe et al., 2000). Ces formations ne sont pas nécessairement toutes localisées dans les ceintures de roches vertes connues. En effet, des affleurements riches en magnétite le long de la Faille Guichen ne semblent pas correspondre à des formations rubanées typiques (Daniel Lamothe, comm. Perso 2011). Certaines anomalies de sédiments de fond de lac sont localisées autour ou près de ces « formations de fer » (**Figure 12**) qui devraient être réévaluées en regard à des minéralisations de type IOCG. Les anomalies magnétiques qui ne correspondent pas à des intrusions de la suite de Viau et dont l'origine n'est pas encore expliquée sont également des cibles (**Figures 11 et 12**). Il pourrait s'agir d'autres intrusions à magnétite et fluorine du type Viau enfouies ou non exposées ou de corps importants à magnétite. Dans le dernier cas, il s'agit de signature magnétique typique recherchée pour les IOCG.

La signature magnétique du Batholithe de Delmothe est très similaire à celle des plutons de la Suite de Viau (**Figure 11**). Par contre, cette intrusion peu déformée a livré un âge de cristallisation à 2638 Ma (David et Parent, 1997), soit un âge de 9 Ma plus jeune que la Suite de Gamart, et sa signature géochimique déterminée à partir d'un seul échantillon est celle d'un environnement d'arc volcanique comme la Suite de Gamart. La dimension de l'anomalie magnétique et la plus grande concentration de « formations de fer » et d'anomalies en Cu-(La) autour de cette intrusion et le long de failles NE-SO représente une cible distincte des anomalies autour de la Suite de Viau mais néanmoins intéressante pour les IOCG (**Figure 12**).



**Figure 11.** Signature magnétique des plutons de la Suite de Viau (trame avec contours noirs) et du couloir limité par des failles majeures, dont celle de Guichen (Leclair et al., 1998). Failles selon Sigeom (2009) et les données magnétiques de EDG. DEL= Batholithe de Delmothe.



**Figure 12.** Carte des anomalies magnétiques et géochimiques de sédiments de fond de lac dans le secteur de la Suite de Viau, Ashuanipi. Les anomalies ponctuelles de type IOCG sont de Trépanier (2006) et Lamothe (2010). Les anomalies magnétiques associées aux plutons connus de la Suite de Viau ne sont pas représentées; seules celles attribuées à des intrusions enfouies ou non affleurantes ou à des possibles corps à magnétite sont montrées. Les carrés pour les formations de fer proviennent de la localisation d'affleurements du Sigeom (2009). DEL = Batholithe de Delmothe.

Le portrait géologique, structural et géochronologique du SO de l'Ashuanipi montre des similitudes avec la Province de Carajas au Brésil où plusieurs gisements IOCG sont connus, notamment Salobo (789 Mt 0,96 % Cu 0,52 g Au/t), Cristalino (500 Mt 1 % Cu 0,3 g Au/t), Igarapé Bahia (219 Mt 1,4% Cu 0,86 g Au/t) et Sossego (355 Mt 1,1 % Cu 0,28 g Au/t) (Grainger et al., 2008). La région du gisement de Salobo présente plusieurs similitudes avec la région au SO de l'Ashuanipi comme le synthétise le **Tableau 3**.

**Tableau 3.** Comparaison entre la région de l'Ashuanipi et celle de Carajas au Brésil

	Ashuanipi <sup>1</sup>	Salobo <sup>2</sup>
<b>Géologie (âge)</b>	Paragneiss 2726 Ma	Roches métasédimentaires 2730-2760 Ma
<b>Métamorphisme</b>	Granulite	Amphibolite supérieur
<b>Pluton intraplaque alcalin (âge)</b>	Suite de Viau 2571 Ma	Old Salobo 2573 Ma
<b>Minéralisation (âge)</b>	Pas de IOCG connu	IOCG - 2576-2562 Ma
<b>Faïlle ductile-fragile</b>	Décrochement 2571? Ma (Suite de Viau)	Décrochement 2573-2479 Ma

<sup>1</sup> Lamothe et al., 2000; Wodicka et al., 2009.

<sup>2</sup> Pinheiro et Holdsworth, 1997; Tassinari et al., 2003; Galarza et al., 2008.

## 5.3 Kwyjibo

### 5.3.1 Contexte géologique régional

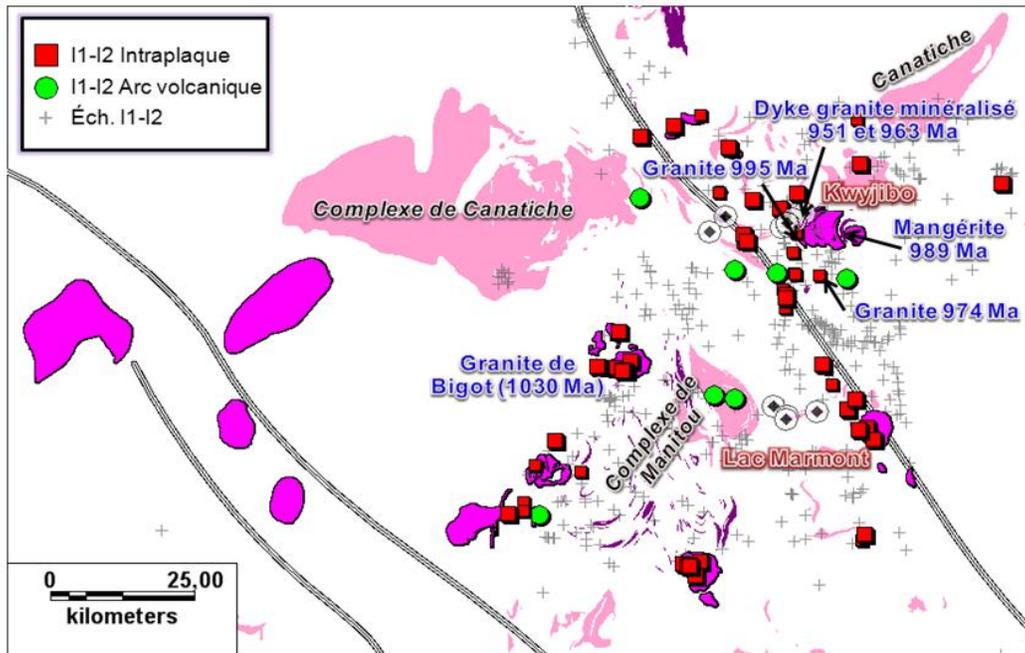
La couverture des échantillons lithogéochimique dans le Grenville est incomplète et est moins uniformément distribuée que le Grand-Nord par exemple (**Figure 3**). La région ciblée dans cette province géologique est celle du Lac Manito qui comporte une série de gîtes considérés comme étant les seuls représentants de districts minéralisés (Cu-ÉTR) de la classe des IOCG dans le Grenville au Québec (Gauthier et Chartrand, 2005; Corriveau et al., 2007). Il est donc important de comprendre d'abord cette région avec les mêmes démarches et méthodes que celles proposées pour le Supérieur.

Les minéralisations à Cu ÉTR (Au Ag Y Mo Fe) à Kwyjibo sont classées dans le type Cluncurry alors que celles à Fe, Ti, P et Mn dans le secteur de Lac Marmont sont classées dans le type Kiruna (Clark et al., 2005; Corriveau, 2007). Ces deux types de minéralisation sont encaissés dans des leucogranites déformés des complexes de Canatiche et de Manito, ou y sont étroitement associés (Clark et al., 2005). Ces intrusions sont datées entre 1181 et 1168 Ma (Chevé et al., 2001), mais la minéralisation est datée entre 972 et 951 Ma (Gauthier et al., 2004). Clark et al. (2005) suggèrent qu'une grande partie de l'altération en magnétite pourrait être plus âgée que la minéralisation économique. L'âge de la minéralisation coïncide avec un épisode d'extension (Post-Rigolet) et à du magmatisme anorogénique post-grenvillien daté entre 985 et 955 Ma (Gauthier et Chartrand, 2005; Gower et Krogh, 2002).

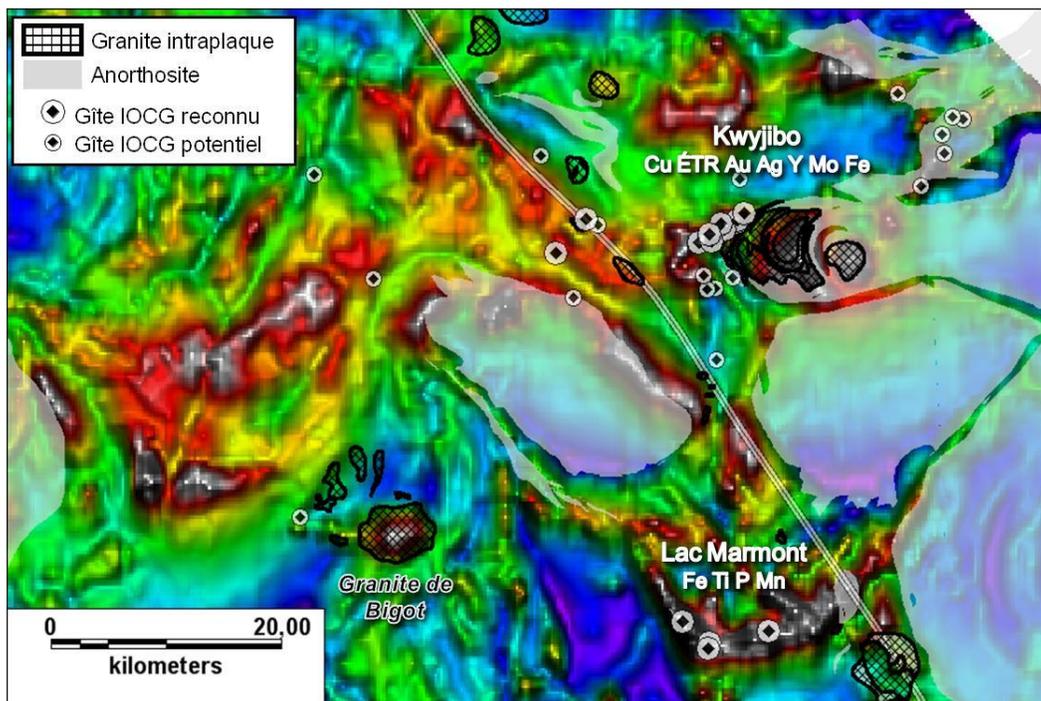
### 5.3.2 Guides d'exploration

Les données lithogéochimiques utilisées dans le cadre de cette étude (Sigeom, 2009 et Magrina et al., 2005) ainsi que les affleurements et cartes du Sigeom (2009) ont permis d'identifier une série de petites intrusions intraplaques qui correspondent aux critères géochimiques recherchés pour les IOCG (**Figure 13**). Deux alignements d'intrusions intraplaques sont distingués. Un le long d'une structure NO-SE qui passe à proximité de Kwijibo et de Lac Marmont, et un autre orienté NNE-SSO et passant par le Granite de Bigot (**Figure 13**). La structure linéaire NO-SE tel qu'indiqué sur la **Figure 13** est en fait un couloir de déformation ductile de quelques km de largeur (Chevé et al., 1999). À l'échelle régionale, cette structure a une expression claire sur les levés magnétiques et gravimétriques, de même que dans l'environnement secondaire (domaines géochimiques dans les sédiments de fond de lac) et dans le manteau lithosphérique sous-continentale selon le traitement fait sur les données de tomographie de Godey et al. (2003). Cette structure délimite également une série de blocs lithotectoniques, notamment l'arc magmatique Labradorien au NO. Une autre structure également orientée NO-SE et qui présente certaines des caractéristiques de la structure précédente, est interprétée à environ 75 km plus au sud (**Figure 13**). Cependant, aucune cartographie récente ni de couverture lithogéochimique ne sont présentes (en 2010) le long de cette dernière structure. Les bassins d'arrière-arc continentaux du Pinwarien (complexes de Manitou et Matamec) sont coincés entre ces deux structures dans la région d'étude, comme le sont également le Complexe de Manicougan et les équivalents métamorphiques de la Fosse du Labrador au NO. En résumé, ces deux structures sont d'envergure crustale, avec une expression possiblement mantellique, et ont vraisemblablement été actives sur une longue période de temps. De telles structures orientées NO-SE, à angle fort avec le grain tectonique du Grenville, sont également interprétées au Labrador par Gower et al. (2008) et au centre du Grenville par Dufréchoy (2012). Régionalement, ces deux structures NO-SE, dont l'une est l'hôte d'une concentration importante d'intrusions intraplaques (**Figure 13**) sont des cibles d'exploration à une échelle régionale.

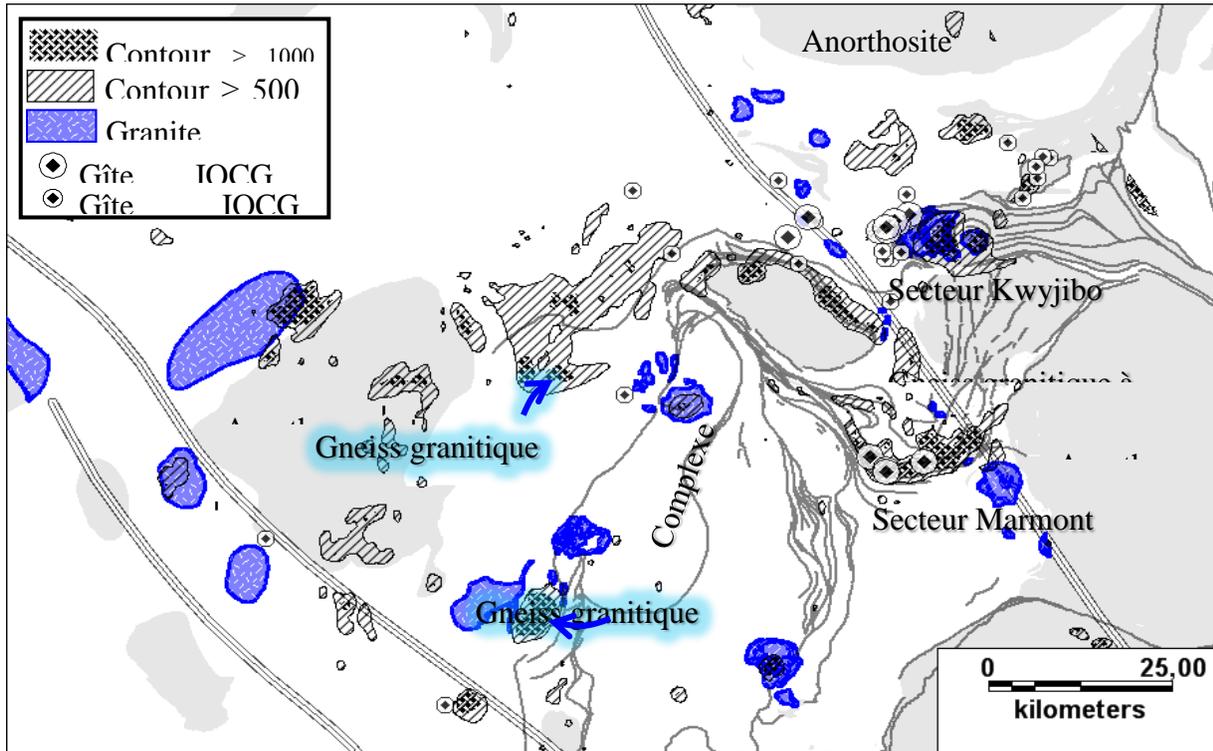
Les gîtes tant à Kwijibo qu'au Lac Marmont sont encaissées dans des gneiss granitiques à bandes de magnétite. Les faciès à magnétique se présentent sous la forme massive, de pseudo-brèches, de stockwerk, de veines/veinules et de disséminations (Gauthier et al., 2004; Clark et al., 2005). La dimension pluri-kilométrique de ces corps fortement magnétiques a des expressions sur les levés magnétiques régionaux (Gauthier et al., 2004; **Figure 14**). Toutes autres fortes anomalies magnétiques comparables en intensité aux secteurs de Kwijibo et Lac Marmont deviennent des cibles potentielles. La **Figure 15** montre, pour toute la région, la distribution des anomalies supérieures à 500 et 1000 nT. Certaines anomalies sont localisées dans, ou en bordure d'anorthosite, mais d'autres sont isolées et correspondent selon le Sigeom à des affleurements de gneiss granitique à hornblende biotite magnétite, comme les lithologies environnante à Kwijibo et à Lac Marmont. Des anomalies magnétiques isolées et non associées à des anorthosites sont présentes au Nord de Kwijibo, au NO du Complexe de Matamec le long de zones de chevauchement régional, et le long de la structure NO-SE au sud de la région (**Figures 14 et 15**).



**Figure 13.** Intrusions anorogéniques (surfaces en mauve et bordure noire) et leur âge (d'après Wodicka et al., 2002) avec les échantillons lithogéochimiques de signatures intraplaques. Deux alignements d'intrusions intraplaques sont observés; un le long d'une structure NO-SE, et un autre orienté NNE-SSO passant par le Granite de Bigot. À noter que les échantillons des complexes de Canatiche et Manitou indiquent des signatures d'arcs.



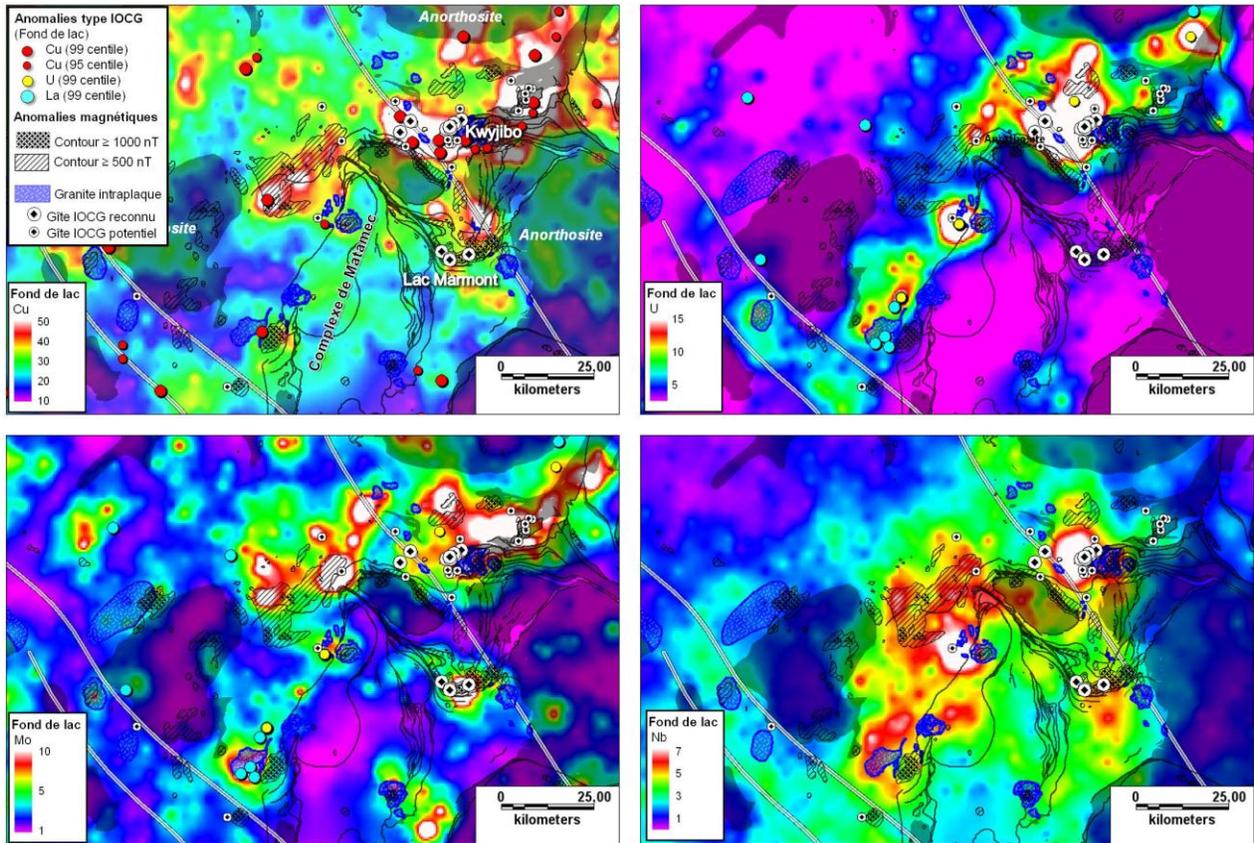
**Figure 14.** Signatures fortement magnétique des gîtes IOCG dans les secteurs de Kwyjibo et de Lac Marmont.



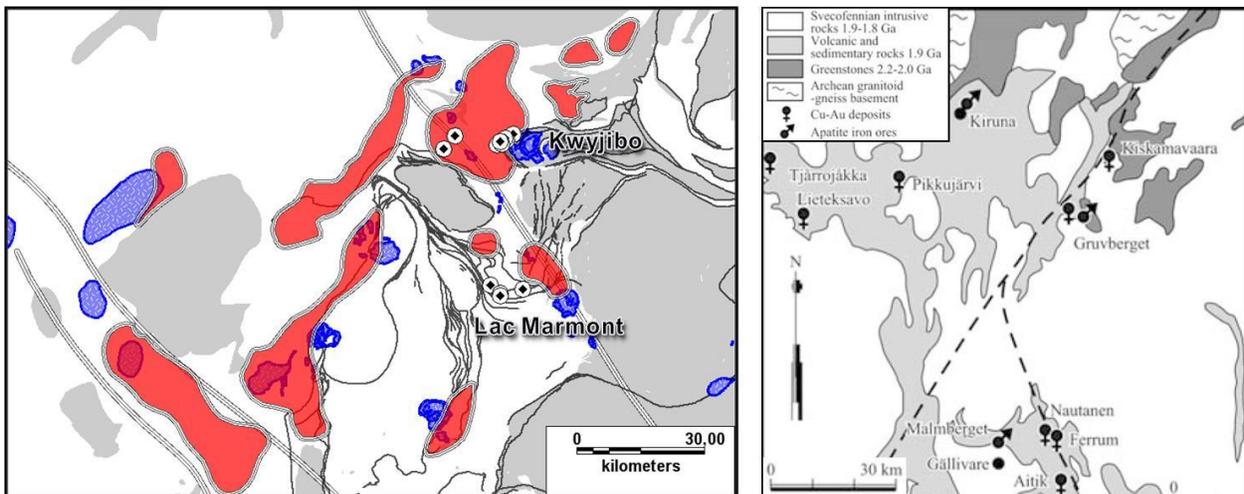
**Figure 15.** Anomalies magnétiques fortes dans la région du Lac Manitou comparables à l'intensité de la réponse magnétique autour des minéralisations de Kwyjibo et de Lac Marmont.

Ces anomalies magnétiques sont mises en relation spatiale avec la géochimie des sédiments de fond de lac (**Figure 16**). Les fortes anomalies géochimiques dans l'environnement secondaire autour de Kwyjibo, principalement en Cu et U et dans une moindre mesure en Mo et Nb, se retrouvent avec des intensités variables ailleurs dans la région et parfois associées à de fortes anomalies magnétiques. De plus, plusieurs anomalies ponctuelles en Cu, U et La calculées par régression spatiale multiple coïncident avec des anomalies magnétiques. C'est le cas d'anomalies coïncidentes en Cu seul, Cu-U ou Cu-La au NO du Complexe de Matamec, le long de chevauchements ou en bordure de granites intraplaques tardifs (**Figure 16**).

Les cibles qui découlent de ces différentes relations spatiales favorables sont résumées sur la **Figure 17**. La dimension de ce territoire est comparée à titre d'exemple à celle du camp minier de Norrbotten au nord de la Suède où est situé le gisement de Kiruna (Wanhainen et al., 2006). La géométrie des failles majeures et la relation d'angle entre ces failles dans ce camp minier ressemblent sensiblement à celles identifiées dans le secteur de Kwyjibo. Cette comparaison avec Norrbotten montre également que le spectre des IOCG (Cu-Au type Olympic Dam vs magnétite ± apatite type Kiruna) se retrouve dans les deux régions comme en témoignent Kwyjibo et Lac Marmont.



**Figure 16.** Anomalies magnétiques mises en relation spatiale avec les anomalies de sédiments de fond de lac en Cu, U, Mo et Nb (valeurs en ppm). Les anomalies ponctuelles de fond de lac en Cu, U et La (cercles de couleur) sont des anomalies calculées par régression spatiale selon les approches de Trépanier (2006) et Lamothe (2010).



**Figure 17.** a) Résumé des cibles d'exploration (en rouge) dans la région de Kwyjibo et Lac Marmont. B) Comparaison à la même échelle avec le district minier de Norrbotten (d'après Wanhainen et al., 2006) montrant notamment certaines similitudes dans l'orientation des grandes failles avec Kwyjibo.

---

## 6 CONCLUSION

---

Les plutons reconnus par géochimie comme étant favorables aux minéralisations de type IOCG deviennent un guide d'exploration à l'échelle régionale lorsque mis en relation spatiale avec la géologie et la géophysique

La Suite de Viau dans l'Ashuanipi est considérée comme une cible de choix dans le Supérieur. Ces plutons sont interprétés s'être mis en place dans un horst intraplaque, probablement dans une zone de décrochement transpressif et translithosphérique recoupant un arc continental. Des anomalies en Cu, U ou La dans les sédiments de fond de lac montreraient que le système de failles bordant ce horst est fertile.

Les minéralisations de type IOCG dans le secteur de Kwjibo montrent une association spatiale et temporelle avec de petites intrusions intraplaques alignées le long d'une structure majeure orientée NO-SE. Une structure jumelle au SO pourrait présenter un potentiel en IOCG.

Un point intéressant est que tant dans l'Ashuanipi qu'à Kwjibo, des suites intrusives d'arcs précèdent, respectivement de 75 et 200 Ma l'intrusion de plutons intraplaques. Il est possible qu'il ait eu pré-enrichissement lors de l'épisode d'arc et reconcentration lors du magmatisme intraplaque à la fin de l'orogénie.

---

## REMERCIEMENTS

---

L'auteur tient à remercier le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec pour l'accès aux données numériques du Sigeom. L'auteur remercie Réal Daigneault et Geneviève Boudrias pour la lecture critique du rapport.

---

## RÉFÉRENCES

---

- Boily, M. et Maurice, C., 2008. Géochimie et données isotopiques du néodyme du nord-est de la province du Supérieur. Dans : Synthèse du nord-est de la Province du Supérieur, MRNF, MM 2008-02, p. 87-129.
- Card, K.D. et Poulsen, K.H., 1998. Geology and mineral deposits of the Superior Province of the Canadian Shield. In: Geology of the Precambrian Superior and Grenville Provinces and Precambrian Fossils in North America, S. Lucas and M.R. St-Onge (co-ordinators). Geological Survey of Canada; Geology of Canada, number 7, pages 13-194.
- Chevé, S., Gobeil, A., Clark, T., Corriveau, L., Perreault, S., Dion, D.-J., et Daigneault, R., 1999. Géologie de la région du lac Manitou (SNRC 221/14). Ministère des Ressources naturelles, Québec, RG 99-02.
- Chevé, S., Gobeil, A., Clark, T., et Togola, N., 2001. Géologie de la région de la rivière Baune et des lacs à l'Aigle et Canatiche (22P/02, 22P/03, 22P/04). Ministère des Ressources naturelles, Québec, RG 2001-03. 58 p.
- Clark, T., Gobeil, A. et David, J., 2005. Iron oxide–copper–gold type and related deposits in the Manitou Lake area, eastern Grenville Province, Quebec: variations in setting, composition, and style. *Can. J. Earth Sci.* 42: 1829-1847.
- Corriveau, L., 2007. Iron Oxide Copper-Gold Deposits: A Canadian Perspective. In: Goodfellow, W.D., ed., *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods*: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication No. 5, p. 307-328.
- Corriveau, L., Perreault, S., et Davidson, A., 2007. Prospective metallogenic settings of the Grenville Province. In: Goodfellow, W.D., ed., *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods*: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication No. 5, p. 819-847.
- David, J. et Parent, M., 1997. Géochronologie U-Pb du Projet Moyen-Nord. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec. GM 59903, 88 p.
- Dufréchou, G. 2012. Origine et implications tectoniques de structures transverses profondes interprétées à partir de données de champ potentiel, Province de Grenville, Canada. Thèse de Doctorat, INRS Centre Eau Terre Environnement.
- Faure, S., 2007. Outils prévisionnels d'exploration dans les terrains de hauts grades métamorphiques : le parautochtone grenvillien, une zone à fort potentiel. Rapport Consorem Projet 2003-2B (<https://consorem.uqac.ca>).
- Faure, S., 2011. Perméabilité crustale dans le Moyen-Nord québécois: guides d'exploration géophysique pour l'or, l'uranium et le diamant. Rapport Consorem Projet 2009-10.
- Frost, B.R., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J. et Frost, C.D., 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology* 42, 2033–2048.
- Galarza, M.A., Macambira M.J.B., et Villas R.N., 2008. Dating and isotopic characteristics (Pb and S) of the Fe oxide–Cu–Au–U–REE Igarapé Bahia ore deposit, Carajás mineral province, Pará state, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 25: 377-397.
- Gauthier, M., 2000. Styles et répartition des gîtes métallifères du territoire de la Baie-James (Québec). *Chronique de la recherche minière*, 539 : 17-61.

- Gauthier, M., Chartrand, F., Cayer, A. et David, J., 2004. The Kwjijibo Cu-REE-U-Au-Mo-F Property, Quebec: A Mesoproterozoic Polymetallic Iron Oxide Deposit in the Northeastern Grenville Province. *Economic Geology* 99: ????
- Gauthier, M., Trépanier, S., et Gardoll, S., 2007. Metamorphic Gradient: A Regional-Scale Area Selection Criterion for Gold in the Northeastern Superior Province, Eastern Canadian Shield. *SEG Newsletter*, n. 69.
- Gauthier, M. et Chartrand, F., 2005. Metallogeny of the Grenville Province revisited. *Can. J. Earth Sci.* 42: 1719-1734.
- Godey, S., Snieder, R., Villasenor, A., et Benz, H.M., 2003. Surface wave tomography of North America and the Caribbean using global and regional broad-band networks: Phase velocity maps and limitations of ray theory. *Geophysical Journal International*, 152: 620–632.
- Gower, C.F., Kamo, S., et Krogh, T.E., 2008. Indentor tectonism in the eastern Grenville Province. *Precambrian Research*, 167:201–212.
- Gower, C.F., et Krogh, T.E., 2002. A U–Pb geochronological review of the Proterozoic history of the eastern Grenville Province. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 39: 795–829.
- Grainger, C.J., Groves, D.I., Tallarico, F.H.B., Fletcher, I.R., 2008. Metallogenesis of the Carajás Mineral Province, Southern Amazon Craton, Brazil: Varying styles of Archean through Paleoproterozoic to Neoproterozoic base- and precious-metal mineralisation. *Ore Geology Review* 33: 451-489.
- Groves, D.I., Bierlein, F.P., Meinert, L.D., et Hitzman, M.W., 2010. Iron Oxide Copper-Gold (IOCG) Deposits through Earth History: Implications for Origin, Lithospheric Setting, and Distinction from Other Epigenetic Iron Oxide Deposits. *Economic Geology*, v. 105, pp. 641–654
- Lafrance, B., 2011. La filière plutonique comme outil pour l'exploration des IOCG : Application en Abitibi. Rapport interne Consorem. XX p.
- Lamothe, D., 2010. Modélisation de cibles de l'environnement secondaire par des techniques de seuils naturels et de régression spatiale multiple. Ministère des Ressources naturelles et Faune, EP 2010-01, 27 p.
- Lamothe, D., Thériault, R., et Leclair, A., 2000. Géologie de la région du lac Nitchequon. Ministère des Ressources naturelles, Québec, RG 99-14, 43 p.
- Large, R.R., Gemmel, J.B., Paulick, H., et Huston, D. L., 2001. The alteration box plot: a simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and lithogeochemistry associated with volcanic-hosted massive sulfide deposits. *Economic Geology*. Vol. 6, n. 5 : 957-971.
- Leclair, A., 2008. Évolution géologique du nord-est de la province du Supérieur. Dans : Synthèse du nord-est de la Province du Supérieur, MRNF, MM 2008-02, p. 131-136.
- Leclair, A.D., Lamothe, D., Choinière, J., Parent, M., 1998. Géologie de la région du lac Bermen (23F et 23G). Ministère des Ressources naturelles, Québec, RG 97-11.
- Magrina, B., Jébrak, M., et Cuney, M., 2005. Le magmatisme de la région de Kwjijibo, Province du Grenville (Canada) : intérêt pour les minéralisations de type fer-oxydes associées. *Can. J. Earth Sci.* 42: 1849–1864.
- Middlemost, E.A.K., 1985. *Magma and Magmatic Rocks*. Longman, London, 266 pp.

- Parent, M., 1998. Géochronologie U-Pb du projet Moyen Nord. Phase II. Ministère des Ressources naturelles, Québec. GM 59904, 61 pages.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W. et Tindle, A.G., 1984. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks *J. Petrology* 25 (4): 956-983.
- Peccerillo, A. et Taylor, S. R. 1976. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58: 63-81.
- Percival, J.A., Mortensen, J.K., Stern, R.A., Card, K.D., et Begin, N.J., 1992. Giant granulite terranes of northeastern Superior Province; the Ashuanipi Complex and Minto Block. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 29: 2287-2308.
- Pinheiro, R.V., et Holsworth, R.E., 1997. Reactivation of Archaean strike-slip fault systems, Amazon region, Brazil. *Journal of the Geological Society*, 154: 99-103.
- Requia, K., Stein, H., Fontboté, L. et Chiaradia, M., 2003. Re–Os and Pb–Pb geochronology of the Archean Salobo iron oxide copper–gold deposit, Carajas mineral province, northern Brazil. *Mineralium Deposita*, 38: 727-738.
- Reynolds, L.J., 2000. Geology of the Olympic Dam Cu-U-Au-Ag-REE deposit. *In*: Porter, T.M., ed., *Hydrothermal iron oxide copper-gold and related deposits: A global perspective*: PGC Publishing, Adelaide, v. 1: 93-104.
- Seedorff, E., Dilles, J. H., Phoffett, Jr., J. M., Einaudi, M. T., Zurcher, L., Stavast, W. J. A., Johnson, D. A. et Barton, M.D., 2005. Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features. *Economic Geology 100th Anniv. Vol., Soc. Econ. Geol.*, 251-298.
- Sigeom - [http://sigeom.mrnf.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102\\_indexAccueil?l=f](http://sigeom.mrnf.gouv.qc.ca/signet/classes/I1102_indexAccueil?l=f)
- Simard, M., 2008. Stratigraphie et géochronologie du nord-est de la province du Supérieur..Dans: Synthèse du nord-est de la Province du Supérieur, MRNF, MM 2008-02, p. 23-86.
- Tassinari, C.C.G., Mellito, K.M., et Babinski, M., 2003. Age and origin of the Cu (Au-Mo-Ag) Salobo 3A ore deposit, Carajás Mineral Province, Amazonian Craton, northern Brazil. *Episodes*, 26: 2-9.
- Thériault, R. et Chevé, S., 2000. Géologie de la région du lac Hurault (23L). *Ministère des Ressources naturelles*, RG 2000-11, 49 p.
- Trépanier, S., 2006. Identification de domaines géochimiques à partir des levés régionaux de sédiments de fond de lac – Phase 2. Rapport Consorem Projet 2005-03 (<https://consorem.ugac.ca>).
- Trépanier, S., 2009. Outils d’assistance pour le traitement lithogéochimique de l’altération et du m t somatisme. *Projet 2008-07*, 87 p.
- Wanhainen, C., Billstr m, K, et Martinsson, O., 2006. Age, petrology and geochemistry of the porphyritic Aitik intrusion, and its relation to the disseminated Aitik Cu-Au-Ag deposit, northern Sweden. *GFF volume 128*: 273–286.
- Wodicka, N., David, J., Parent, M., Gobeil, A., et Verpaelst, P., 2002. Géochronologie U-Pb et Pb-Pb de la région de Sept- les – Natashquan, Province de Grenville, Moyenne Côte-Nord. Dans : *Géologie et ressources minérales de la partie est de la Province de Grenville*. *Ministère des Ressources naturelles et Faune du Québec*, DV 2002-03, p. 59-117.
- Wodicka, N., Lamothe, D., et Leclair, A., 2009. Géochronologie U-Pb du projet Ashuanipi. *Ministère des Ressources naturelles et Faune du Québec*, GM-63858, 21 p.