
PROLONGEMENT DU CORRIDOR DE LA ROUTE 167 : SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE ET ÉVALUATION DE LA FAVORABILITÉ MINÉRALE

Projet 2014-03

Par : Ludovic Bigot, M.Sc., géo.
2015



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 :

Bigot, L., 2015. Le prolongement du corridor de la route 167 : synthèse géologique et évaluation de la favorabilité minière. Rapport, Projet CONSOREM 2014-03, 41 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

Site Web: www.consorem.ca

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Le prolongement de la route 167, depuis le secteur du lac Albanel jusqu'à la mine Renard de Stornoway Diamond, achevé en septembre 2013, ouvre un nouvel accès à la Baie-James. Le corridor de cette nouvelle route contient une diversité d'indices en or, argent, cuivre, zinc notamment, mais aussi en uranium et en diamant; cependant, le secteur est immature en terme d'exploration et l'information géologique y est fragmentaire. La ceinture volcano-sédimentaire d'Eastmain est au cœur de l'exploration dans la région. Elle concentre la majorité des informations géologiques et joue le rôle de métallotecte pour l'or orogénique et les SMV à Cu-Zn, alors que l'extérieur est très peu connu et mériterait un nouveau regard. L'intérêt du projet est donc d'évaluer le potentiel minéral du corridor dans son ensemble pour diverses substances, exception faite de l'uranium.

La méthodologie du projet repose en premier lieu sur une importante phase de compilation et d'intégration de nouvelles données géologiques. Un total de 3 290 échantillons de roche a été compilé, puis traité pour la géochimie avec le logiciel LithoModeleur 3.6.0. Les informations géophysiques traitées avec Geosoft ont permis d'identifier des discontinuités et des changements lithologiques et structuraux. Les sédiments de lac ont été utilisés, après nivellement des levés et rehaussement des anomalies par régression spatiale, pour tracer le Ni et le Cu dans l'environnement secondaire.

Un nouveau portrait géologique et structural est proposé pour le corridor de la route 167, à l'échelle régionale et à l'échelle de la ceinture d'Eastmain :

À l'échelle régionale, les nouvelles informations géophysiques ont permis d'interpréter des zones de déformation ductile à partir de linéaments géophysiques, ainsi que régionalement des domaines magnétiques et les limites de la sous-province Opinaca/Opatica qui désormais bordent les branches ouest et sud de la ceinture d'Eastmain. La reconnaissance de roches sédimentaires et de nouvelles ceintures de roches vertes est un des faits saillants du projet. La superficie couverte par les roches sédimentaires a été augmentée de plus de 300 % pour atteindre plus de 8 500 km². Ces roches sédimentaires pourraient faire partie du Groupe de Laguiche largement reconnu à l'ouest. Plusieurs ceintures de roches vertes sont nouvellement identifiées couvrant plus de 120 km², et notamment dans les extensions de la ceinture d'Eastmain ce qui en fait des nouveaux secteurs d'intérêt pour les métaux.

À l'échelle de la ceinture d'Eastmain, le nouveau portrait géologique est significativement différent de la carte géologique existante. La superficie de la ceinture a été augmentée de 35 % à 879 km². Plusieurs unités géologiques sont maintenant identifiées sur de plus importantes surfaces; c'est notamment le cas des rhyolites-rhyodacites (19,6 km² versus 1,3 km²) et des intrusions felsiques à intermédiaires syn-volcaniques de type diorite, granite, et monzonite (39,7 km² versus 1,1 km² avant traitement). L'empreinte de déformation ductile est une composante dominante dans toute la ceinture d'Eastmain; les branches ouest et est, incluant les extensions proposées, pourraient représenter un corridor majeur de déformation ductile (sans information sur la cinématique) qui serait à l'origine de l'architecture actuelle de la ceinture. Le nouveau portrait métamorphique de la ceinture d'Eastmain a été précisé. En effet, auparavant uniformément reconnu à l'amphibolite, les faciès sont maintenant interprétés de schiste vert à l'amphibolite

supérieur. Les zones de schistes verts et schistes verts supérieurs coïncident avec des zones de cisaillement, et pourraient indiquer des zones de rétro-métamorphisme associées à la circulation de fluides hydrothermaux.

Plusieurs guides d'exploration sont proposés pour diverses substances et types de gîtes. D'après des critères de transition métamorphique, d'empreinte structurale, et d'environnement lithologique, l'Au de type Éléonore est favorable dans huit secteurs du corridor; particulièrement dans les branches sud et ouest de la ceinture d'Eastmain. Environ 200 km² de zones d'intérêt sont proposés pour l'Au orogénique d'après des critères de présence de roches sédimentaires (et formation de fer) dans, ou au contact, des ceintures de roches vertes et associé aux zones de déformation. Les systèmes Cu-Au porphyriques présentent un intérêt dans six zones d'après des critères notamment géophysiques de démagnétisation, couplés au Cu anomal dans les sédiments de lac. Le Ni (et Cu) magmatique mérite aussi d'être exploré puisque trente-trois cibles sont proposées à partir des anomalies en Ni dans les sédiments de lacs.

TABLE DES MATIÈRES

Avertissement	ii
SOMMAIRE EXÉCUTIF	iii
Table des matières	v
Liste des figures.....	v
Liste des Tableaux.....	vii
1 INTRODUCTION	1
2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET MÉTALLOGÉNIQUE DU CORRIDOR DE LA ROUTE 167 ..2	
2.1 Géologie générale	2
2.2 Types de minéralisation.....	3
2.3 Historique minier du secteur.....	4
3 MÉTHODOLOGIE ET DONNÉES DISPONIBLES	5
4 RÉSULTATS DE L'INTERPRÉTATION STRUCTURALE ET GÉOLOGIQUE DU CORRIDOR DE LA ROUTE 167	9
4.1 Interprétation structurale.....	9
4.2 Interprétation géologique.....	14
4.2.1 Échelle régionale	15
4.2.2 La ceinture d'Eastmain	17
5 GUIDES D'EXPLORATION ET CIBLAGE DE ZONES DE FAVORABILITÉ MINÉRALE	24
5.1 Synthèse des minéralisations et des types de gîte	25
5.2 Zones d'intérêt pour l'exploration	29
6 CONCLUSIONS	38
REMERCIEMENTS.....	38
RÉFÉRENCES	39

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la route 167. Tronçon en rouge (=secteur d'étude) : prolongement de 240 km depuis le secteur d'Albanel jusqu'à la mine Renard.....	1
Figure 2 : Géologie générale d'après SIGÉOM. Route 167 en trait noir.....	2
Figure 3 : Géologie du corridor de la route 167 d'après SIGÉOM. Route 167 en trait noir. Deux assemblages : (A) unités paléoprotérozoïques colorées; (B) unités néoarchéennes colorées.	3
Figure 4 : Distribution des indices et gîtes le long de la route 167 d'après SIGÉOM. Importance économique du secteur. ¹ Evans (2006), ² Eastmain Resources Inc., ³ Stornoway Diamond, ⁴ Winter (2011), ⁵ Ressources Strateco, ⁶ White et Lehmann (1977).	4
Figure 5 : Historique des travaux d'exploration dans le secteur de la route 167, à partir des travaux de prospection, de forages, et de levés géophysiques et géochimiques. Les étoiles jaunes indiquent la découverte d'une gîte majeure. D'après le nombre de GM dans SIGÉOM.....	5

Figure 6 : Les croix noires indiquent les échantillons de roche d'après SIGÉOM 2014, et les étoiles jaunes sont les échantillons de roche compilés. Géologie générale en arrière-plan d'après SIGÉOM 2014; trait noir indiquant la route 167.....	6
Figure 7 : Données de sédiment de fond de lac (point noir) d'après la base de données du SIGÉOM 2014. Géologie générale en arrière-plan d'après SIGÉOM 2014; trait noir indiquant la route 167.	7
Figure 8 : Données géophysiques aéroportées sur le secteur.....	8
Figure 9 : Linéaments géophysiques, modifié d'après Faure (2010).	10
Figure 10 : Crêtes magnétiques.	11
Figure 11 : Linéament géophysique en tireté rouge, crête magnétique en tireté noir. Mouvement d'entraînement apparent le long du linéament géophysique. Champ total du magnétisme (MAG) et gradient vertical (1DV) en arrière-plan.	12
Figure 12 : Domaines magnétiques et leurs limites en trait noir à contour blanc.	13
Figure 13 : Nouvelle interprétation du contact des sous-provinces de l'Opinaca et de l'Opatoca en trait blanc. Le trait noir indique la limite de sous-province antérieurement interprétée.	14
Figure 14 : A) Géologie d'après SIGÉOM 2014; B) Nouvelle interprétation géologique, ce projet.	15
Figure 15 : Portrait des roches sédimentaires (indifférenciées – en bleu) à la Baie-James, d'après la nouvelle interprétation géologique pour la zone d'étude de la moitié est de l'image (zone d'étude), et d'après SIGÉOM pour la moitié ouest. Le trait noir indique la limite du grand bassin sédimentaire. Les surfaces roses indiquent des intrusions felsiques et gneiss granitiques. Le tireté rouge indique l'isograde métamorphique granulite d'après Gauthier et al. (2007).	16
Figure 16 : Portrait des ceintures de roches vertes (CRV) dans le secteur d'étude. Les polygones en vert plein sont les CRV modifiées et/ou nouvellement reconnues. Le tireté jaune indique le plissement d'une CRV. La ceinture d'Eastmain connue au centre pourrait faire partie d'une plus grande CRV démembrée et plissée.	17
Figure 17 : A) géologie de la ceinture d'Eastmain d'après SIGÉOM. B) Interprétation de la géologie de la ceinture, ce projet.	18
Figure 18 : A) et B) Diagramme des éléments immobiles Winchester et Floyd (1977); en point rouge les échantillons dans les volcanites felsiques; en point vert les échantillons dans les volcanites mafiques; en point mauve tous les autres. C) Diagramme TAS (Middlemost, 1985) modifié par Lafrance (2012) contenant les échantillons d'intrusions felsiques à intermédiaires en point bleu. D) Diagramme AFM avec les points bleus représentant les roches ultramafiques.	20
Figure 19 : Caractère syn-volcanique des intrusions felsiques à intermédiaires d'après la méthode de classification des intrusions de Gaboury (2006).	21
Figure 20 : Les zones de déformation ductile dans la ceinture d'Eastmain. Trait noir avec contour rouge est le type 1 ; trait noir avec contour bleu est le type 2.	22
Figure 21 : Isogrades métamorphiques. Vert clair : isograde schiste vert; vert foncé : isograde schiste vert supérieur; orange : amphibolite; rouge : amphibolite supérieur; rouge foncé : granulite. Les isogrades contenus dans la ceinture d'Eastmain sont basés sur l'interprétation minéralogique d'après Hocq (1985), Couture (1987), Dejou (1987), et Roy (1988), et sur le contenu en H ₂ O en utilisant la CONSONORM au faciès SVS (450°C). Les isogrades hors de la ceinture d'Eastmain (AMP et GRAN) sont d'après Gauthier et al. (2007). La surface en gris est la ceinture d'Eastmain nouvellement interprétée.	23
Figure 22 : Types de minéralisation Au dans la ceinture d'Eastmain. Point jaune : indice Au; point rouge : indice Cu; point bleu : indice Zn. D'après SIGÉOM et la compilation réalisée par ce projet.	25
Figure 23 : Les minéralisations Cu-Au porphyriques dans la ceinture d'Eastmain. Point jaune : indice Au; point rouge : indice Cu; point bleu : indice Zn. D'après SIGÉOM et la compilation réalisée par ce projet.	26

Figure 24 : Les minéralisations SMV en Cu-Zn de la ceinture d'Eastmain. Point jaune : indice Au; point rouge : indice Cu; point bleu : indice Zn. D'après SIGÉOM et la compilation réalisée par ce projet.	27
Figure 25 : Application de l'outil PER-GH (Pearson, 2007) sur les rhyolites et rhyodacites fraîches de la ceinture d'Eastmain. Les bandes jaunes sont les volcanites felsiques. Les étoiles indiquent les volcanites rhyolites/rhyodacites fertiles.....	28
Figure 26 : Secteurs favorables (cercle bleu) pour l'Au de type Éléonore d'après les critères.....	29
Figure 27 : Comparaison à la même échelle du secteur d'Éléonore (à gauche) et du secteur d'Eastmain (à droite).....	30
Figure 28 : Secteurs favorables pour l'Au orogénique de type Eastmain en rouge (recoupement CRV, unités sédimentaires, zone de déformation).	31
Figure 29 : Secteurs favorables pour l'Au orogénique de type formation de fer dans CRV en noir (recoupement CRV, formation de fer, zone de déformation).....	32
Figure 30 : Ciblage régional pour les porphyres Cu-Au (cercle noir). Champ magnétique total et transparence avec le gradient vertical en arrière-plan. Le trait noir est le tracé de la route 167.	33
Figure 31 : Un secteur cible Cu-Au porphyrique à l'ouest de la ceinture d'Eastmain (encerclé). Les points noirs sont les échantillons de sédiment de lac. Champ magnétique total et transparence avec le gradient vertical en arrière-plan.	34
Figure 32 : Secteur cible Cu-Au porphyrique au NO de la ceinture d'Eastmain (encerclé). Les points noirs sont les échantillons de sédiment de lac. Champ magnétique total et transparence avec le gradient vertical en arrière-plan.	35
Figure 33 : Ciblage pour les SMV à Cu-Zn. Carte magnétique et anomalies électromagnétiques (croix). Secteurs favorables encerclés dans un horizon de rhyolite/rhyodacite fertile d'après le PER-GH.	36
Figure 34 : Ciblage Ni et Ni-Cu le long du corridor de la route 167. Les polygones verts sont les roches mafiques; les polygones mauves sont les roches ultramafiques; les points noirs sont tous les échantillons de sédiment de lac d'après SIGÉOM. Les cibles répondent positivement aux gîtes de Ni connus.....	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Critères d'exploration selon le type de gîte et la substance à la Baie-James. Critères pour l'Au de type Éléonore d'après Gauthier et al. (2007), et Ravenelle (2013), pour l'Au de type formation de fer dans les CRV d'après Faure (2010)..	24
---	----

1 INTRODUCTION

Le prolongement de la route 167, depuis le secteur du lac Albanel jusqu'à la mine Renard de Stornoway Diamond, achevé en septembre 2013, ouvre un nouvel accès à la Baie-James en passant par Chibougamau (**Figure 1**). Constituée de 143 km de route régionale et de 97 km de chemin minier, cette infrastructure routière devient stratégique pour le développement de projets d'exploration à la Baie-James.

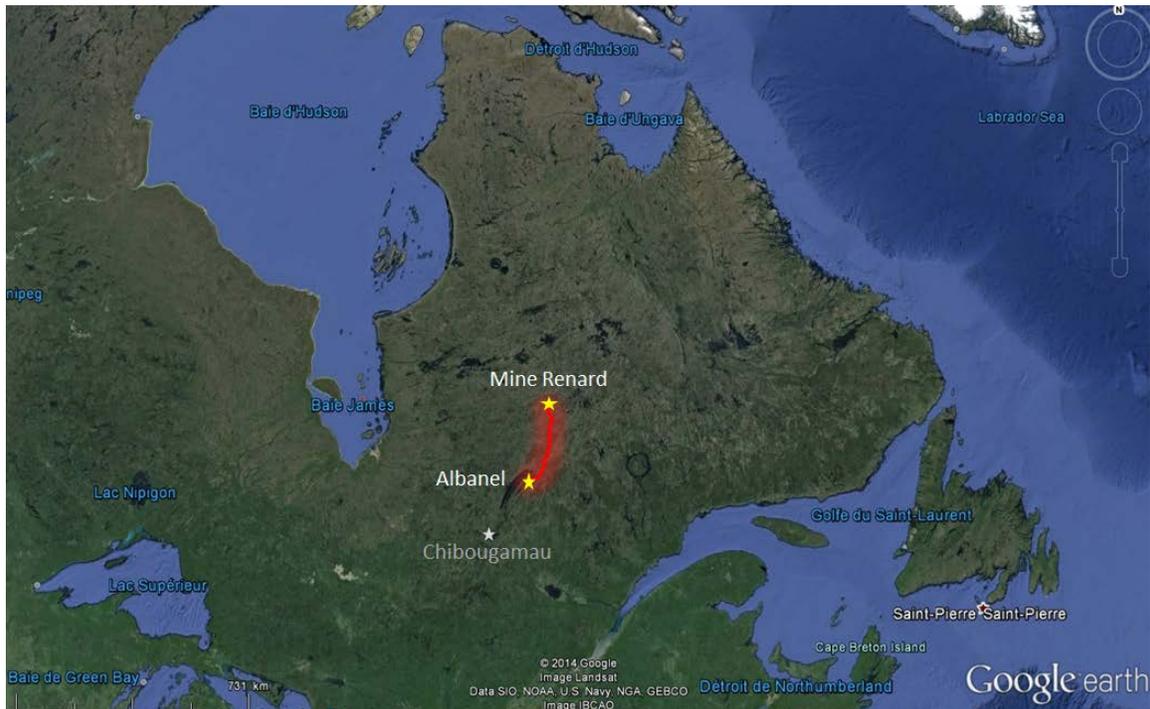


Figure 1 : Localisation de la route 167. Tronçon en rouge (=secteur d'étude) : prolongement de 240 km depuis le secteur d'Albanel jusqu'à la mine Renard.

Le corridor de la route 167 couvre en partie les feuillets 22M, 23D, 23E, 32I, 32P, 33A, et 33H. Ce secteur est connu pour sa diversité minérale. Des minéralisations en or, argent, cuivre, et zinc notamment sont associées à la prolifique ceinture d'Eastmain; d'autres minéralisations en diamant et uranium sont aussi présents. Avec cette infrastructure routière, tout un corridor s'ouvre à une exploration à moindres coûts logistiques. Bien qu'il s'agisse d'un secteur immature en termes d'exploration, la seule présence de nombreux indices métalliques et non-métalliques de nature variée (cf. SIGÉOM) démontre un potentiel minéral favorable.

Les objectifs de ce projet se définissent en deux volets : (1) dresser un nouveau portrait géologique du secteur d'étude, ce à deux échelles : à l'échelle de la ceinture d'Eastmain, cela passe par une réinterprétation de la géologie et la précision des unités existantes; à l'échelle régionale, les objectifs sont d'identifier des discontinuités majeures (limite de sous-province) et de tenter de reconnaître de nouvelles ceintures de roches vertes et des intrusions. (2) À partir de la nouvelle interprétation géologique proposer des guides d'exploration pour diverses substances.

2 CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET MÉTALLOGÉNIQUE DU CORRIDOR DE LA ROUTE 167

2.1 Géologie générale

Le corridor du prolongement de la route 167 se trouve dans la Province de Supérieur qui est constituée d'un assemblage de fragments continentaux d'âge mésoarchéen et de lambeaux de croûte océanique d'âge néoarchéen assemblés entre 2,72 et 2,68 Ga (Percival, 2007). La géologie générale du secteur d'étude est variée (**Figure 2**); des roches métamorphiques, sédimentaires, et ignées sont reconnues. Sur une base chronologique, deux assemblages géologiques peuvent être distingués dans le corridor (**Figure 3A, B**): l'assemblage protérozoïque, et l'assemblage archéen. Les unités paléoprotérozoïques sont constituées par de grands bassins conglomératiques et gréseux des groupes des Otish (cf. Genest, 1989) et de Mistassini, ainsi que des unités dolomitiques. Les unités néoarchéennes sont variables en termes de lithologie, avec des complexes granitiques et gneissiques (orthogneiss et paragneiss), et des ceintures volcano-sédimentaires dont la plus grande est la ceinture d'Eastmain (ceinture de roches vertes au centre de la **Figure 2** et de la **Figure 3B**).

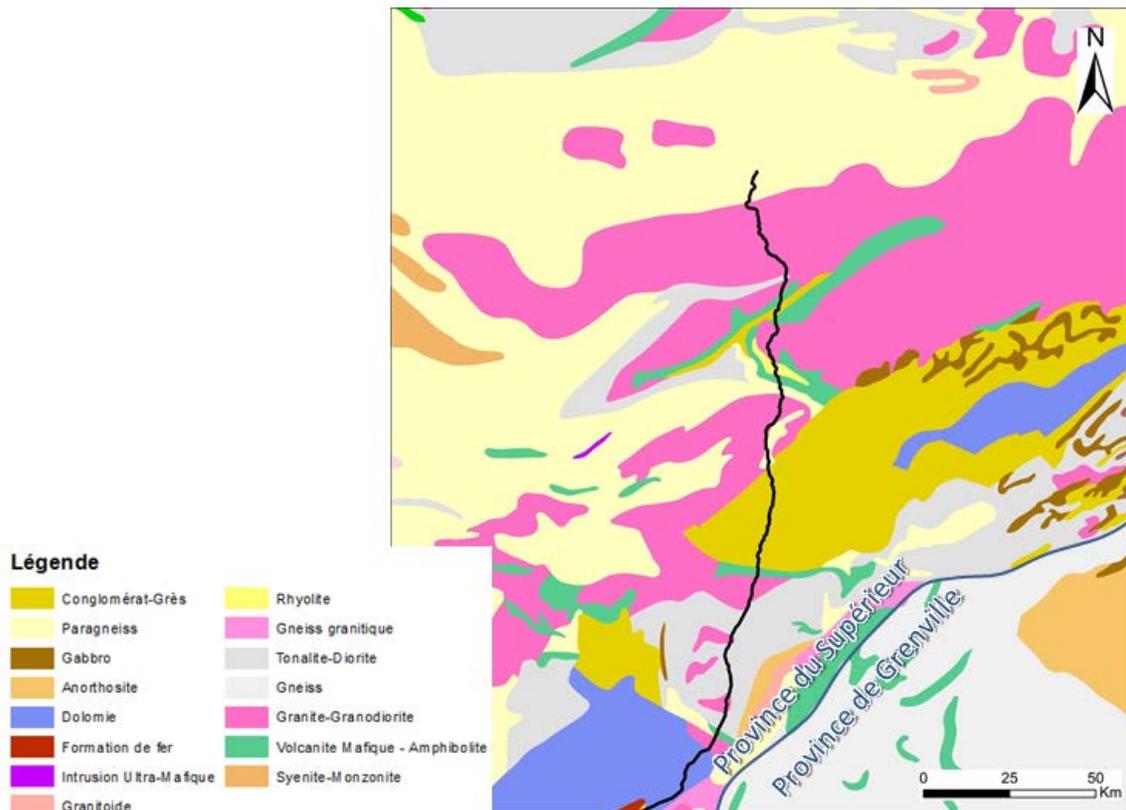


Figure 2 : Géologie générale d'après SIGÉOM. Route 167 en trait noir.

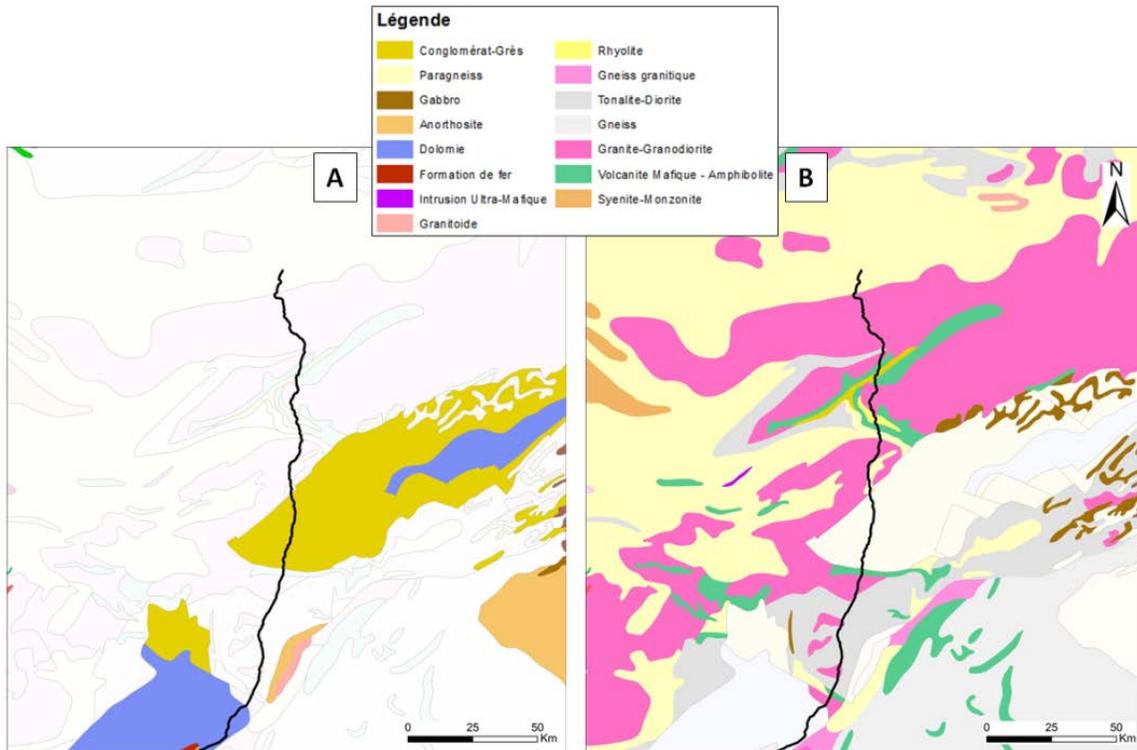


Figure 3 : Géologie du corridor de la route 167 d'après SIGÉOM. Route 167 en trait noir. Deux assemblages : (A) unités paléoprotérozoïques colorées; (B) unités néoarchéennes colorées.

Les faciès métamorphiques régionaux reposent sur l'interprétation de Gauthier et al. (2007). Globalement le gradient métamorphique est élevé, allant d'amphibolite à granulite; cependant, les isogrades sont tracés à une échelle régionale, ce qui laisse de la place au raffinement dans certains secteurs.

2.2 Types de minéralisation

Plusieurs projets d'exploration, essentiellement menés par voie aéroportée avant la construction de la route, ont permis de reconnaître des minéralisations atypiques et des types de gîte variés (**Figure 4**). Dans les unités néoarchéennes, les minéralisations métalliques sont densément concentrées dans la ceinture d'Eastmain qui joue le rôle de métallotecte pour le secteur. Ces minéralisations sont notamment à or filonien (e.g., mine Eastmain, gîte Lac Harbour), à cuivre-molybdène dans les intrusions porphyriques (e.g., gisement MacLeod), et à cuivre-zinc en amas sulfurés (e.g., gîte Alta-Eastmain, gîte Léran sud). Des minéralisations diamantifères associées aux cheminées kimberlitiques sont aussi reconnues le long du corridor (e.g., gisement Renard, gîte Otish). Les minéralisations dans les bassins paléoprotérozoïques sont atypiques; ce sont surtout des minéralisations uranifères, type Athabasca, en discordance sur le socle, et localement des minéralisations à plomb-zinc de type Mississippi Vallée. Le projet actuel porte seulement sur les minéralisations dans les unités archéennes. Les minéralisations uranifères ne seront pas traitées au cours de ce projet.

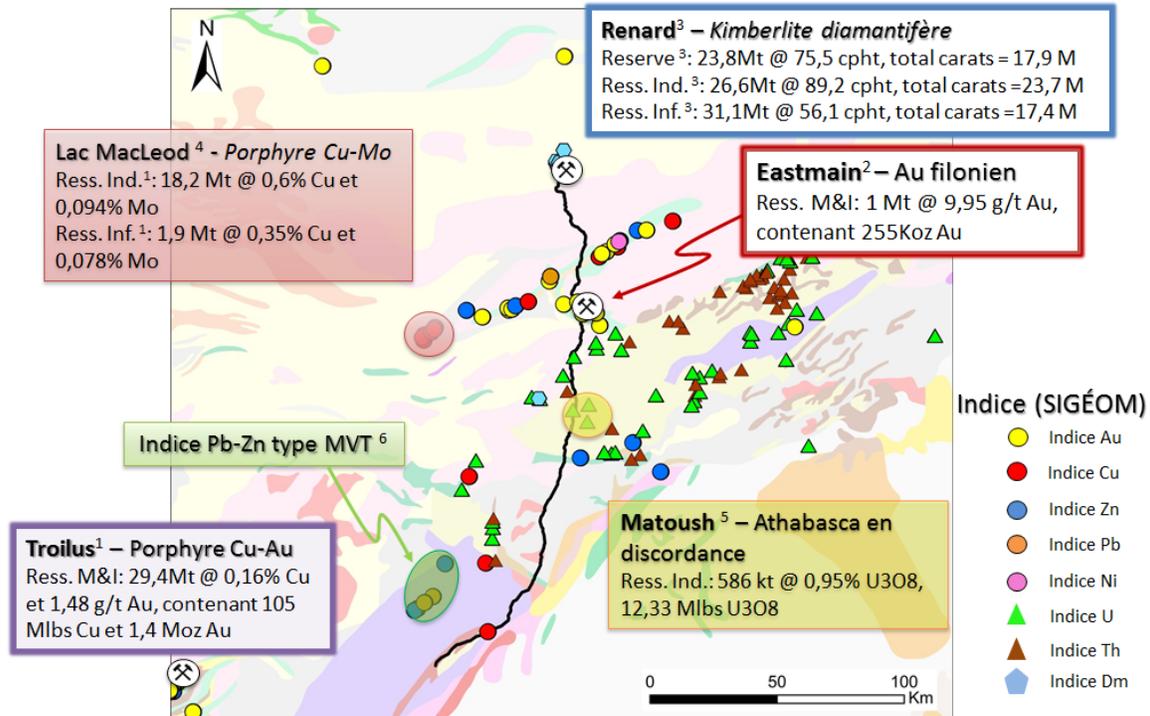


Figure 4 : Distribution des indices et gîtes le long de la route 167 d'après SIGÉOM. Importance économique du secteur. ¹ Evans (2006), ² Eastmain Resources Inc., ³ Stornoway Diamond, ⁴ Winter (2011), ⁵ Ressources Strateco, ⁶ White et Lehmann (1977).

2.3 Historique minier du secteur

D'un point de vue historique, la région est travaillée depuis plusieurs décennies. Comme l'illustre la **Figure 5**, dès les années 1960 des travaux d'exploration pour l'uranium ont été entrepris dans les bassins sédimentaires protérozoïques. La région a pris de la valeur avec la découverte de l'indice aurifère Eastmain en 1970 suite à un levé électromagnétique régional. Cette découverte a engendrée de nombreux programmes d'exploration autour de l'indice Eastmain, puis plus régionalement, ce qui a entre autre mené à la découverte de l'indice porphyrique du lac MacLeod en 1988. De 1994 à 1995 le gisement d'Eastmain a été mis en production par Ressources MSV Inc. et a produit 40 koz Au (Eastmain Resources Inc.). En parallèle, la prospection pour l'uranium s'est poursuivie, et la découverte de l'indice Matoush en 1980 change la perspective des modèles d'exploration de type Elliot Lake vers des modèles de type Athabasca en discordance sur le socle. Cette vague d'exploration pour l'uranium semble prendre fin au début des années 1980, ce qui correspond à la découverte des grands gisements d'uranium de la Saskatchewan. À la fin des années 1990, à la suite de la découverte de quelques kimberlites, une intense période d'exploration du diamant par SOQUEM et Ashton Mining couvre le nord du bassin des Otish et le nord de la région. Elle conduit à la découverte de l'indice Renard en 2001. Le projet est vendu à Stornoway Diamond en 2007 et la mise en production est prévue pour 2017. Pour l'or, la compagnie Eastmain Resources Inc. a récupérée les propriétés couvrant l'ancienne mine Eastmain en 2005, et a réalisé un calcul de ressources mettant en valeur le gisement.

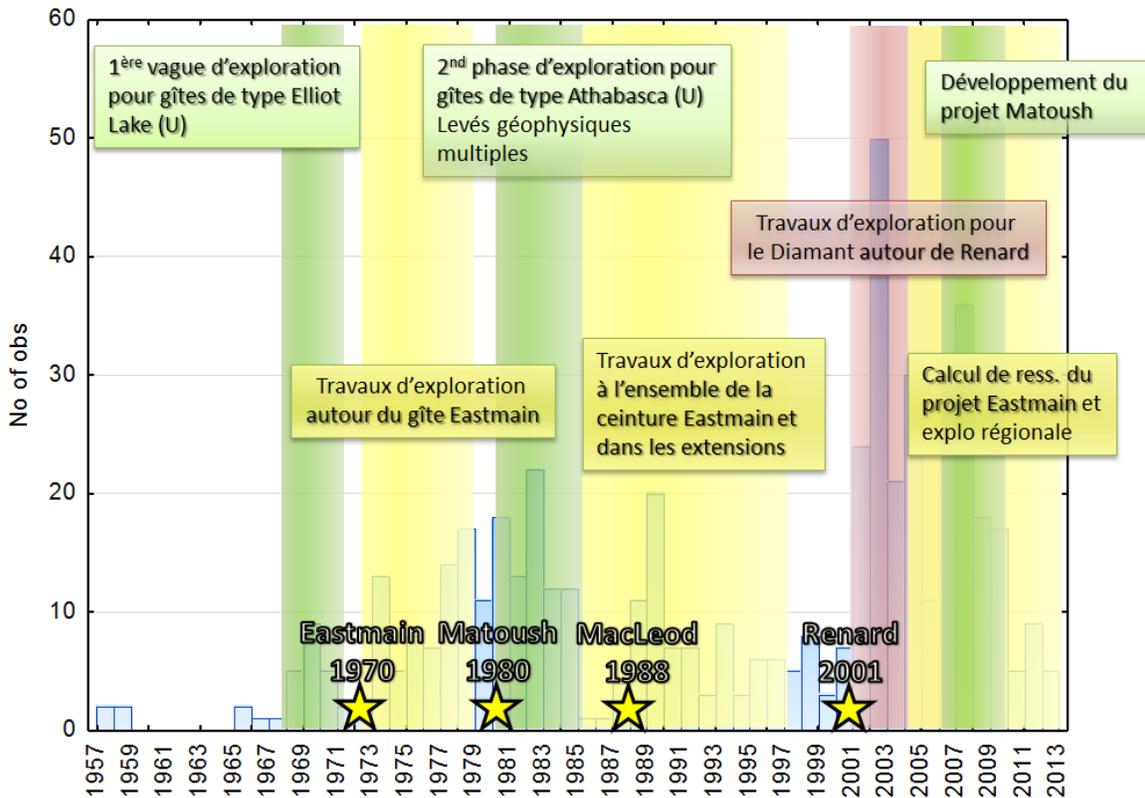


Figure 5 : Historique des travaux d'exploration dans le secteur de la route 167, à partir des travaux de prospection, de forages, et de levés géophysiques et géochimiques. Les étoiles jaunes indiquent la découverte d'une gîte majeure. D'après le nombre de GM dans SIGÉOM.

3 MÉTHODOLOGIE ET DONNÉES DISPONIBLES

La connaissance cartographique et géologique le long du tronçon est inégale et remonte surtout aux années 1980 (cf. Hocq, 1985; Roy, 1986; Couture, 1987; Roy, 1988; Couture, 1993), avec une importante concentration de l'information géologique dans la ceinture d'Eastmain.

La revue et la compilation de travaux géologiques provenant du gouvernement, du milieu académique, et des compagnies d'exploration est essentielle à la réalisation de ce projet. Aucune phase d'acquisition de données sur le terrain n'a été effectuée, mais une importante étape d'intégration des données existantes a été réalisée. Au total, 3 290 échantillons de lithogéochimie (**Figure 6**) et 2 088 points d'affleurement ont été compilés et intégrés. Ces nouveaux points de contrôle sont à utiliser en parallèle avec les données du SIGÉOM, notamment les forages et les échantillons de sédiment de lac dont plus de 90 % couvrant le secteur ont été ré-analysés par ICP-MS entre 2010 et 2012 (**Figure 7**).

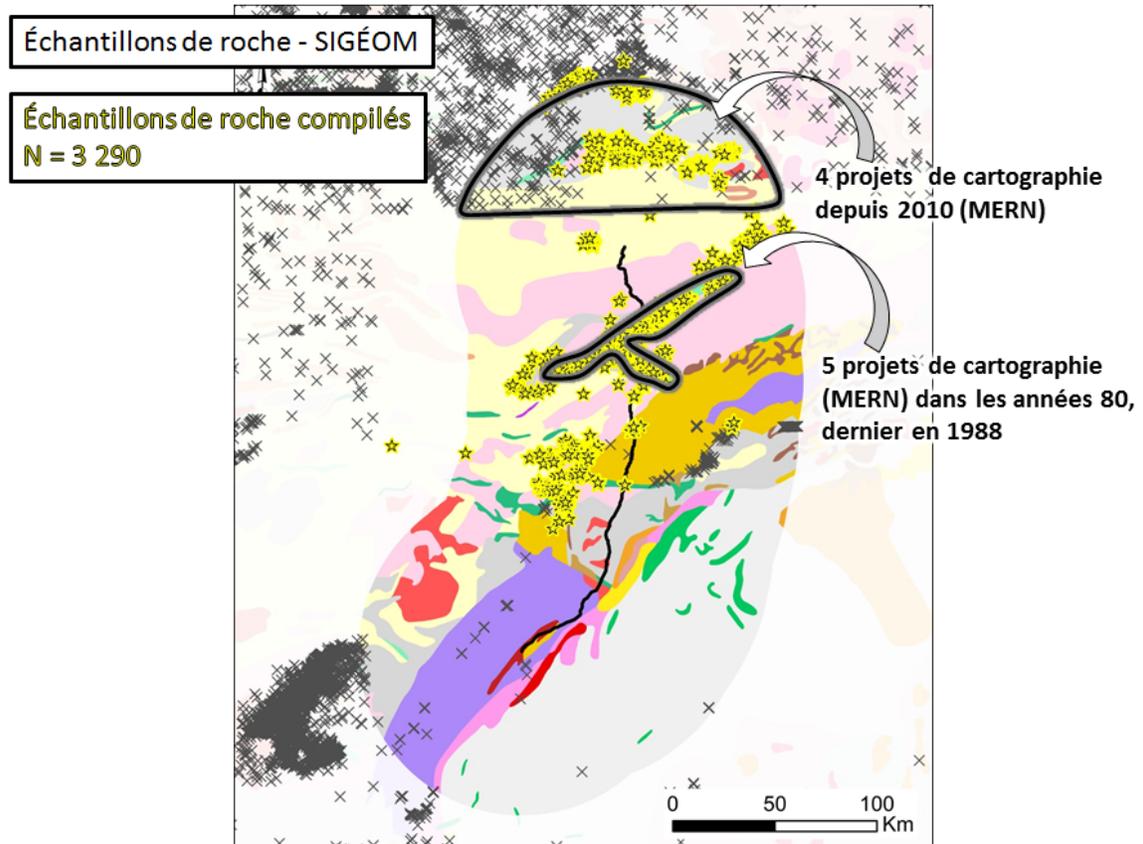


Figure 6 : Les croix noires indiquent les échantillons de roche d'après SIGÉOM 2014, et les étoiles jaunes sont les échantillons de roche compilés. Géologie générale en arrière-plan d'après SIGÉOM 2014; trait noir indiquant la route 167.

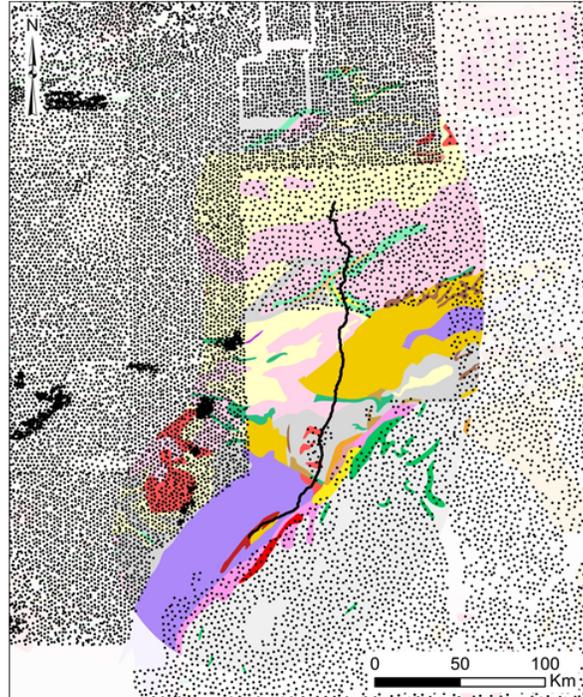


Figure 7 : Données de sédiment de fond de lac (point noir) d'après la base de données du SIGÉOM 2014. Géologie générale en arrière-plan d'après SIGÉOM 2014; trait noir indiquant la route 167.

Les données géophysiques sont très pertinentes pour ce secteur car elles couvrent l'intégralité de la zone d'étude (**Figure 8**), bien que les résolutions varient d'un levé à l'autre. Les levés gouvernementaux du fédéral ont été volés avec des lignes de vol au 800 m et couvrent l'ensemble de la zone (Ressources Naturelles Canada). Deux levés récents du gouvernement du Québec au 250 m, DP2010-03 et DP2011-01 (D'Amours, 2010, 2011), offrent un portrait plus détaillé de la partie ouest et nord du secteur d'étude. Il s'agit du premier projet du CONSOREM qui utilise ces nouveaux levés provinciaux. Deux levés hélicoptères magnétiques et électromagnétiques récents au 50 m couvrent la branche est de la ceinture d'Eastmain : l'un sur la propriété Lac Harbour de SOQUEM effectué en 2012 (Dubé, 2012); l'autre sur la propriété Lac Léran de Focus Graphite effectué en 2013 (Fiset et al., 2014).

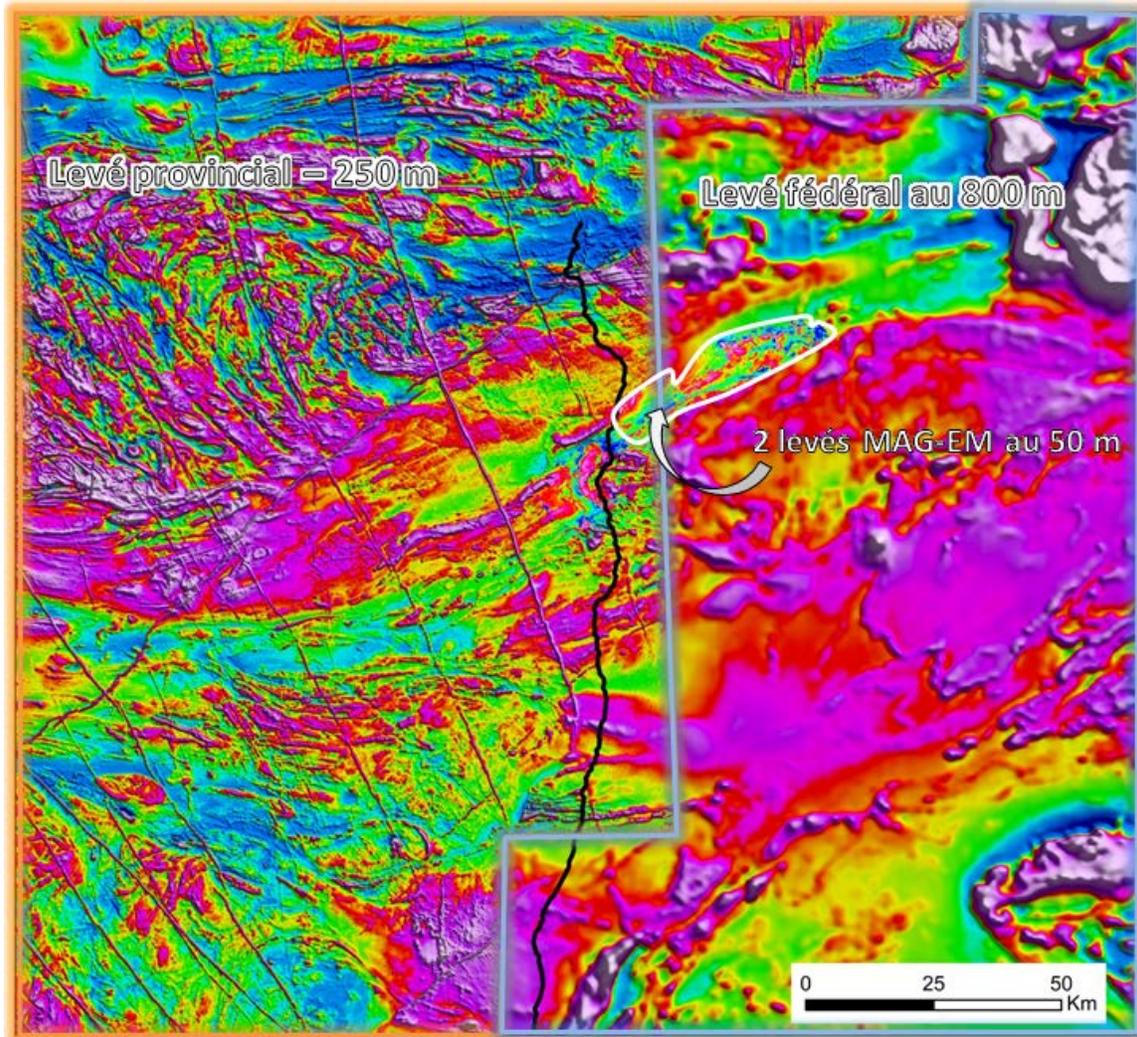


Figure 8 : Données géophysiques aéroportées sur le secteur.

Pour aborder un territoire tel que celui-ci, l'approche de coupler la géophysique à la géochimie a été privilégiée.

Le traitement de la géophysique avec *Geosoft* permet de filtrer le champ magnétique total et produit des informations du gradient vertical et de la dérivée inclinée « tilt derivative ». Ces filtres permettent de mieux contraindre certaines unités géologiques et d'identifier des discontinuités majeures.

Le traitement de la géochimie est rendue plus facile grâce à des méthodes CONSOREM. La lithogéochimie est travaillée avec le logiciel *LithoModeleur 3.6.0* qui permet notamment d'identifier la nature des lithologies, leurs affinités, ou encore des indices de potentiels. Les données de sédiments de lac sont en premier lieu nivelées afin d'enlever le biais (faible de levé) dû aux différentes méthodes analytiques, aux différences dans les méthodes d'extraction, ou encore aux différences dans les méthodes d'échantillonnage (Trépanier, 2007). Ce nivellement est réalisé avec une méthode développée au CONSOREM. L'étape suivante est le rehaussement

des anomalies par la méthode de régression spatiale (cf. projet CONSOREM 2005-03, Trépanier, 2006; projet CONSOREM 2012-04, Rafini, 2015; projet 2014-07, Bigot, 2015). Cette méthode permet d'annuler le biais sur les valeurs dû à l'environnement secondaire (e.g., profondeur du lac, perte au feu; Trépanier, 2007). Ce traitement est réalisé avec le logiciel *Outil de traitement de la géochimie secondaire 1.05* développé au CONSOREM, et appliqué pour rehausser les anomalies en Ni et Cu. En effet, les sédiments de lacs sont performants pour tracer le Cu et surtout le Ni (Rafini, 2015). Finalement, pour les secteurs ayant très peu d'information géologique, l'utilisation des facteurs géochimiques résultant d'analyses multivariées sur la géochimie des sédiments de lac (projet CONSOREM 2004-09, Trépanier, 2007) permet de dégrossir la géologie en identifiant notamment des ensembles lithologiques (e.g., roches mafiques, roches sédimentaires).

4 RÉSULTATS DE L'INTERPRÉTATION STRUCTURALE ET GÉOLOGIQUE DU CORRIDOR DE LA ROUTE 167

4.1 Interprétation structurale

La précision des levés géophysiques, surtout les levés récents, permet d'identifier des linéaments géophysiques. Ces linéaments correspondent à des limites de domaines magnétiques ou à des lignes de décollement ou d'entraînement entre des domaines de rubanement magnétique distincts. Ils peuvent être linéaires à curvilinéaires. Sans contrôle précis sur le terrain il pourrait s'agir de faille ou de couloir de déformation, de limite d'assemblages lithologiques, ou même de limite métamorphique. Par ailleurs, ces linéaments peuvent être de bons candidats pour la circulation de fluides hydrothermaux. La **Figure 9** présente le résultat de l'interprétation linéamentaire. Une partie de ces linéaments ont été proposés par Faure (2010) basé sur le levé géophysique du gouvernement fédéral au 800 m. Les récents levés du MERN permettent de confirmer, de préciser, et d'identifier de nouveaux linéaments.

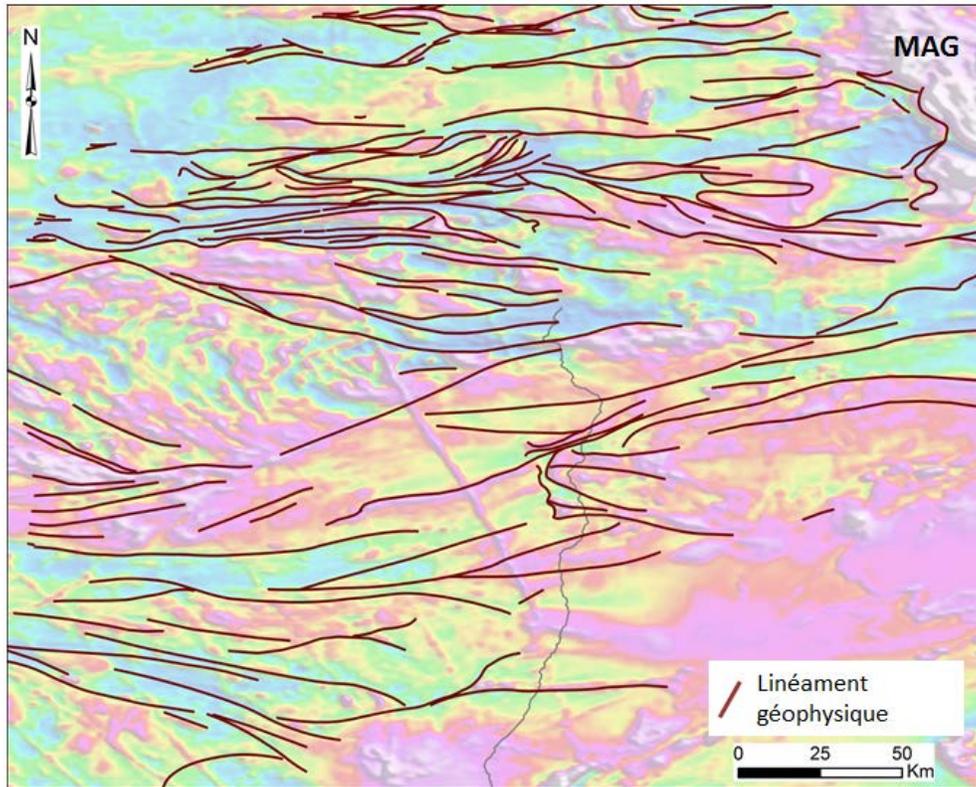


Figure 9 : Linéaments géophysiques, modifié d'après Faure (2010).

La **Figure 10** présente les crêtes magnétiques identifiées à partir des hautes valeurs du champ magnétique total et de la dérivée inclinée. Ces crêtes permettent d'identifier des variations structurales et lithologiques à l'intérieur de domaines magnétiques. Des fabriques magnétiques avec une orientation différente, N-S et E-O, peuvent être distinguées.

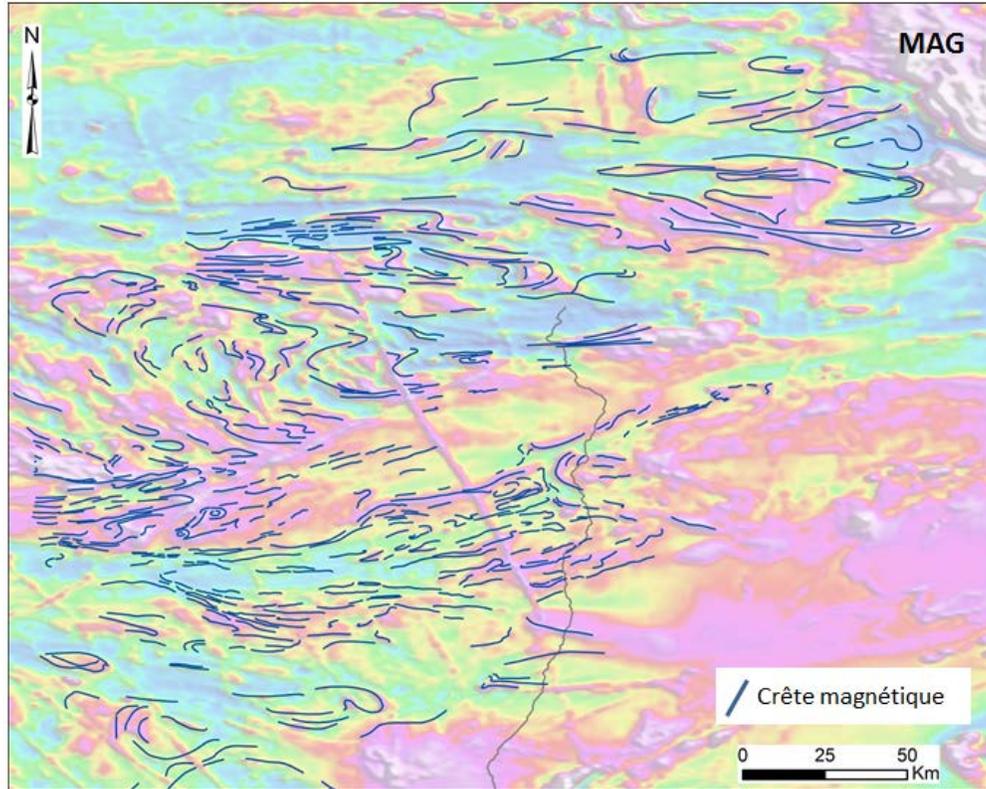


Figure 10 : Crêtes magnétiques.

Sur certains linéaments géophysiques, il est possible d'observer des entrainements du rubanement ou des crêtes magnétiques qui tendent à devenir parallèle au linéament à leur proximité. Cet entrainement suggère un mouvement qui compatible avec une déformation ductile ou un cisaillement le long de la discontinuité. La **Figure 11** illustre ce phénomène qui semble significatif dans le secteur. Il est alors possible d'étendre cette interprétation à l'ensemble des linéaments géophysiques du secteur.

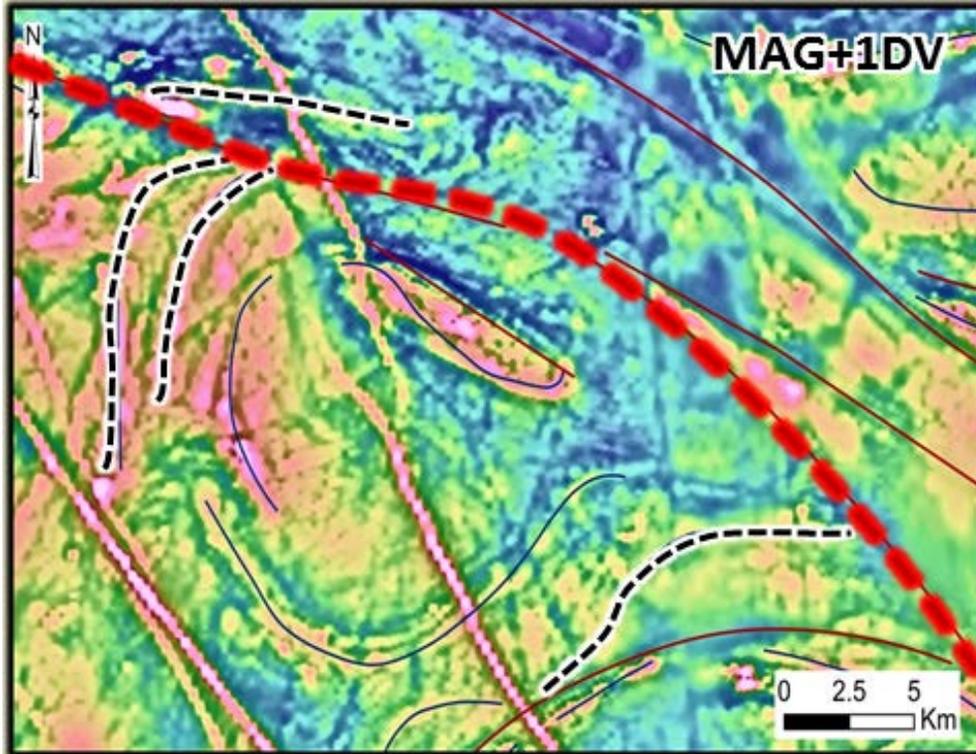


Figure 11 : Linéament géophysique en tireté rouge, crête magnétique en tireté noir. Mouvement d'entraînement apparent le long du linéament géophysique. Champ total du magnétisme (MAG) et gradient vertical (1DV) en arrière-plan.

En combinant les informations de discontinuité magnétique (i.e., linéament géophysique) et les variations des hautes valeurs du magnétisme, il est possible d'identifier des domaines magnétiques (**Figure 12**). Ce sont des environnements uniformes à l'intérieur en termes de signature géophysique et d'orientation des fabriques. Certaines distinctions peuvent être faites entre les domaines. Deux de ces domaines présentent une fabrique magnétique nord-sud plissée, alors que la plupart des autres domaines contiennent des fabriques magnétiques est-ouest très allongées suggérant l'effet de la déformation. L'apparence d'entraînement de crêtes nord-sud dans les couloirs est-ouest correspond possiblement à un grain structural antérieur au grain est-ouest et qui serait localement préservé.

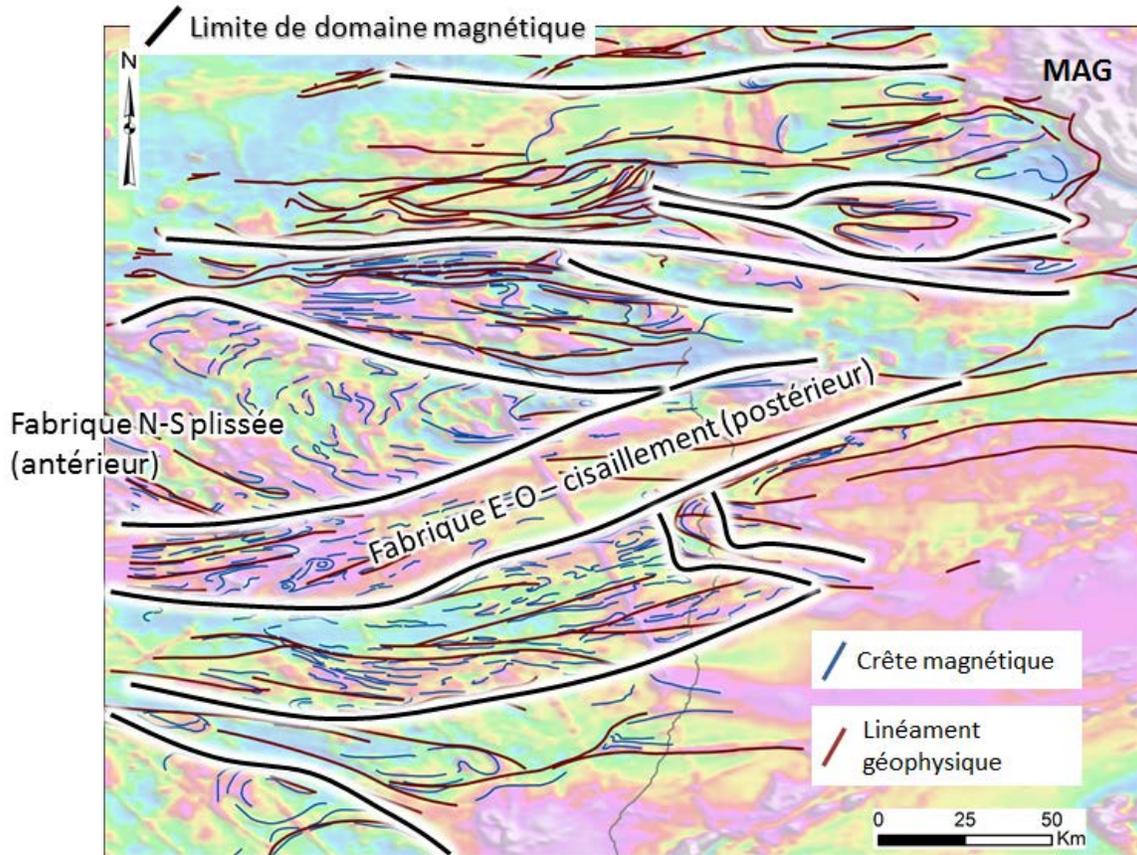


Figure 12 : Domaines magnétiques et leurs limites en trait noir à contour blanc.

Cette étude apporte un nouveau regard aussi sur les limites de sous-provinces. La limite Opinaca-Lagrande au nord est en accord avec les discontinuités magnétiques; en revanche le contact Opinaca-Opatica qui était interprété est à certains endroits incohérent avec la géophysique. En effet, dans la partie sud ce contact coupe des domaines et des grains magnétiques. Le contact interprété lors de ce projet se veut en concordance avec la limite de certains domaines magnétiques. Le contact interprété épouse les contours sud de la ceinture de roches vertes d'Eastmain (**Figure 13**).

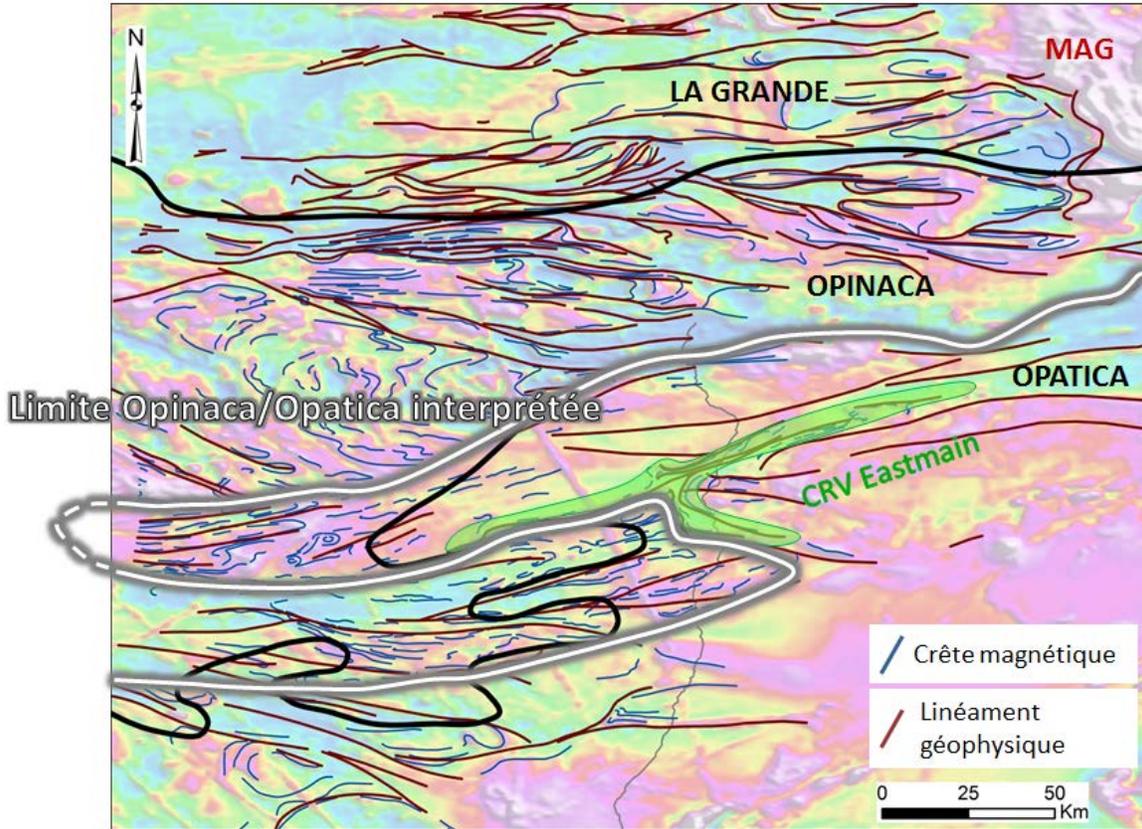


Figure 13 : Nouvelle interprétation du contact des sous-provinces de l'Opinaca et de l'Opatica en trait blanc. Le trait noir indique la limite de sous-province antérieurement interprétée.

4.2 Interprétation géologique

Les divers points de contrôle de géophysique, de géochimie, et d'affleurement permettent de proposer une nouvelle interprétation géologique du corridor de la route 167 (**Figure 14B**). Les faits saillants, au-delà de la réinterprétation géologique de la ceinture d'Eastmain, sont la reconnaissance de grandes étendues de roches sédimentaires (**Figure 15**), et la précision et la reconnaissance de nouvelles ceintures de roches vertes (CRV; **Figure 16**).

4.2.1 Échelle régionale

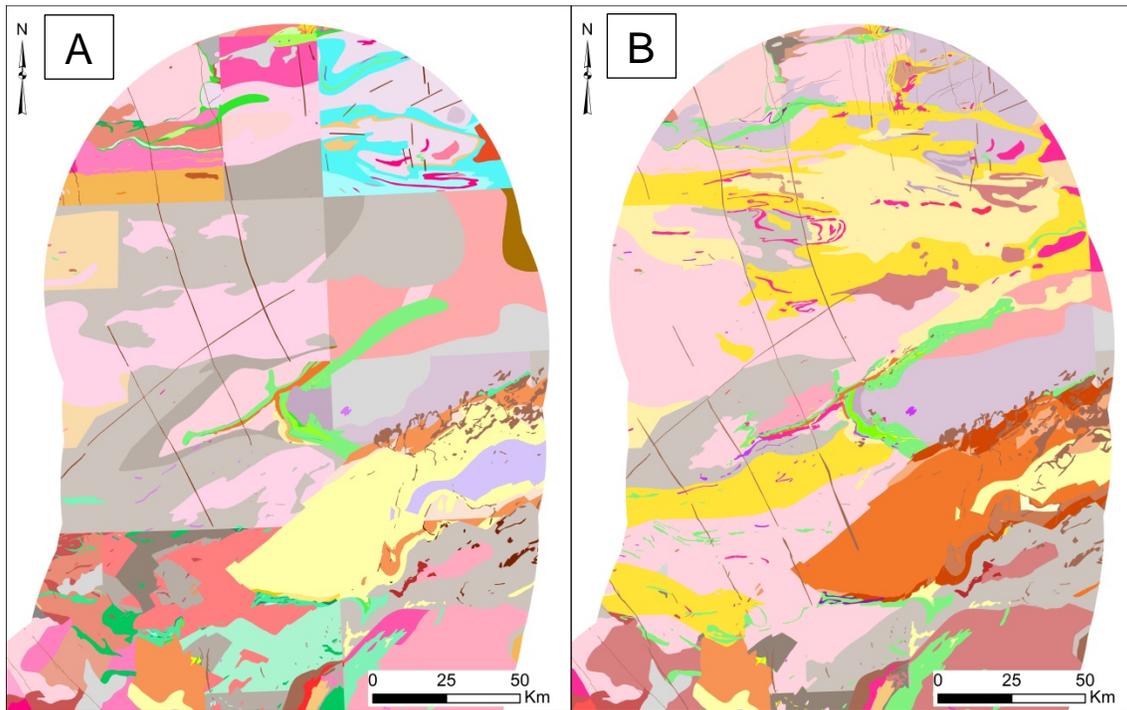


Figure 14 : A) Géologie d'après SIGÉOM 2014; B) Nouvelle interprétation géologique, ce projet.

La **Figure 15** présente le nouveau portrait des roches métasédimentaires à la Baie-James (à noter que seule la moitié est de la figure constitue le secteur d'étude qui a été interprété). Plus de 8 500 km² de roches métasédimentaires sont nouvellement interprétées dans la zone d'étude.. Une proportion significative de ces roches métasédimentaires a une description similaire aux paragneiss du Groupe de Laguiche à l'ouest. Par conséquent, il est possible d'établir un lien et de proposer que les paragneiss du Groupe de Laguiche s'étendent jusqu'au secteur d'étude le long de la route 167. Avec une telle interprétation il est désormais possible de proposer une limite de fermeture du grand bassin sédimentaire contenant le Laguiche. Au cœur de ce bassin se trouve un ensemble d'intrusions felsiques et de gneiss portés au faciès des granulites. Il pourrait s'agir d'un dôme métamorphique (Lapointe 2007; Morfin et al. 2013) ou d'un complexe d'injections (Morfin et al. 2015).

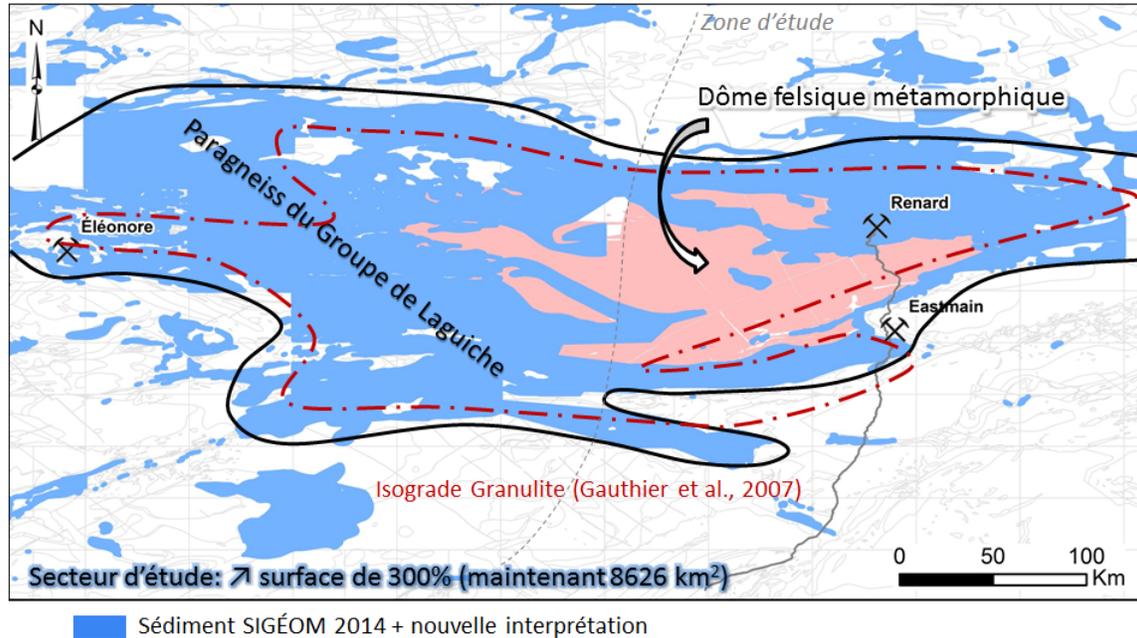


Figure 15 : Portrait des roches sédimentaires (indifférenciées – en bleu) à la Baie-James, d'après la nouvelle interprétation géologique pour la zone d'étude de la moitié est de l'image (zone d'étude), et d'après SIGÉOM pour la moitié ouest. Le trait noir indique la limite du grand bassin sédimentaire. Les surfaces roses indiquent des intrusions felsiques et gneiss granitiques. Le tireté rouge indique l'isograde métamorphique granulite d'après Gauthier et al. (2007).

Un exercice similaire de reconnaissance lithologique a été réalisé, cette fois-ci pour des ceintures de roches vertes (CRV). La **Figure 16** présente ces résultats. Certaines CRV étaient connues, notamment pas Genest (1989 – inédit) mais ne sont plus cohérentes avec la nouvelle carte géophysique (D'Amours, 2010, 2011). Ainsi, ce projet a permis de préciser et de raffiner les CRV lorsque cela était nécessaire. Aussi, de nouvelles CRV ont été identifiées surtout dans les extensions de la ceinture d'Eastmain, ce qui représente plus de 120 km² de nouvelles lithologies mafiques. Étant donné le rôle de métallotecte de la CRV d'Eastmain, les nouvelles extensions apparaissent toutes autant favorables pour les métaux.

L'architecture des CRV au nord (**Figure 16**) est atypique. En effet, ces CRV sont plissées et démembrées. Avec la reconnaissance de plusieurs petites CRV dans les extensions de la ceinture d'Eastmain, il est possible d'interpréter une grande ceinture démembrée et plissée, soit la même chose que ce qui est observée régionalement pour d'autres CRV. Il pourrait alors s'agir d'une CRV comparable en dimension à la ceinture de Frotet-Evans.

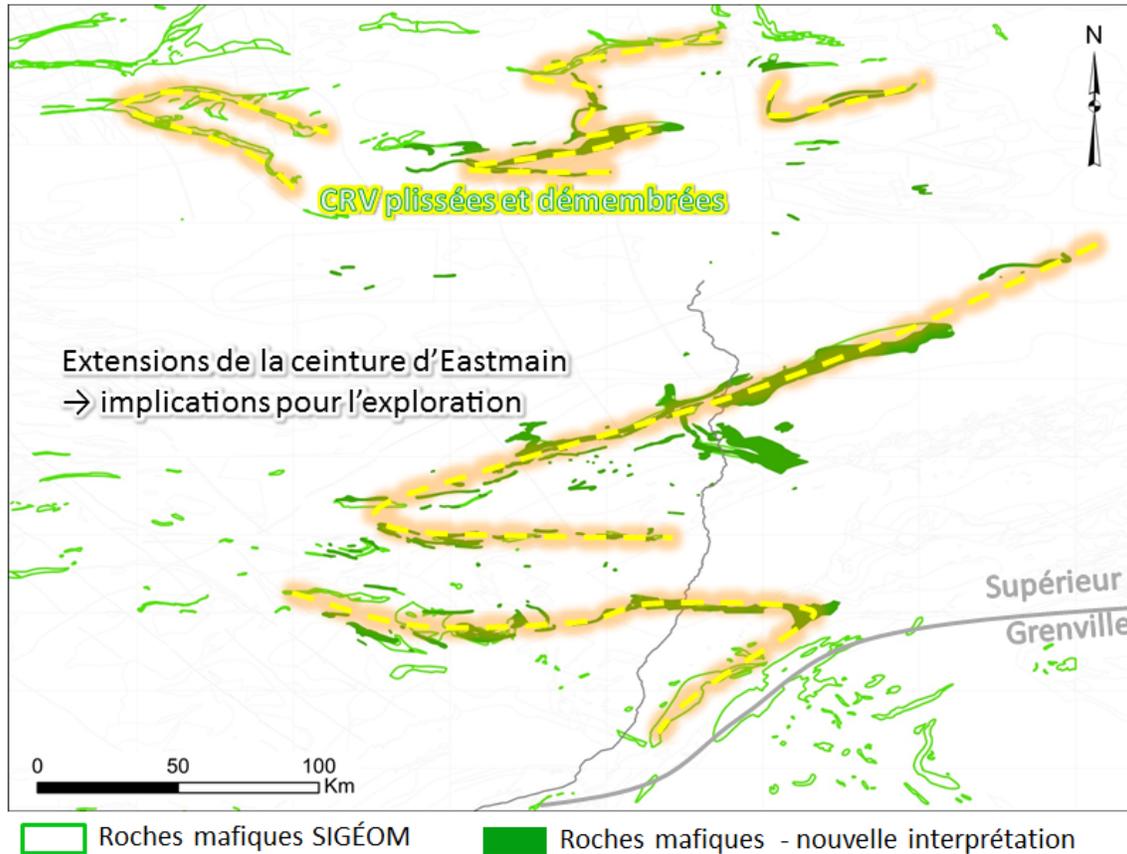


Figure 16 : Portrait des ceintures de roches vertes (CRV) dans le secteur d'étude. Les polygones en vert plein sont les CRV modifiées et/ou nouvellement reconnues. Le tireté jaune indique le plissement d'une CRV. La ceinture d'Eastmain connue au centre pourrait faire partie d'une plus grande CRV démembrée et plissée.

4.2.2 La ceinture d'Eastmain

Le secteur de la ceinture d'Eastmain est la zone ayant le plus de points de contrôle, ce qui permet d'apporter des précisions sur les lithologies et leurs distributions, sur la déformation, et sur le métamorphisme.

4.2.2.1 Les lithologies et leurs distributions

La nouvelle interprétation propose un portrait bonifié par rapport à l'état de connaissances antérieurs (**Figure 17A, B**). La surface totale de la ceinture a été augmentée de 35 % pour s'établir à 879 km².

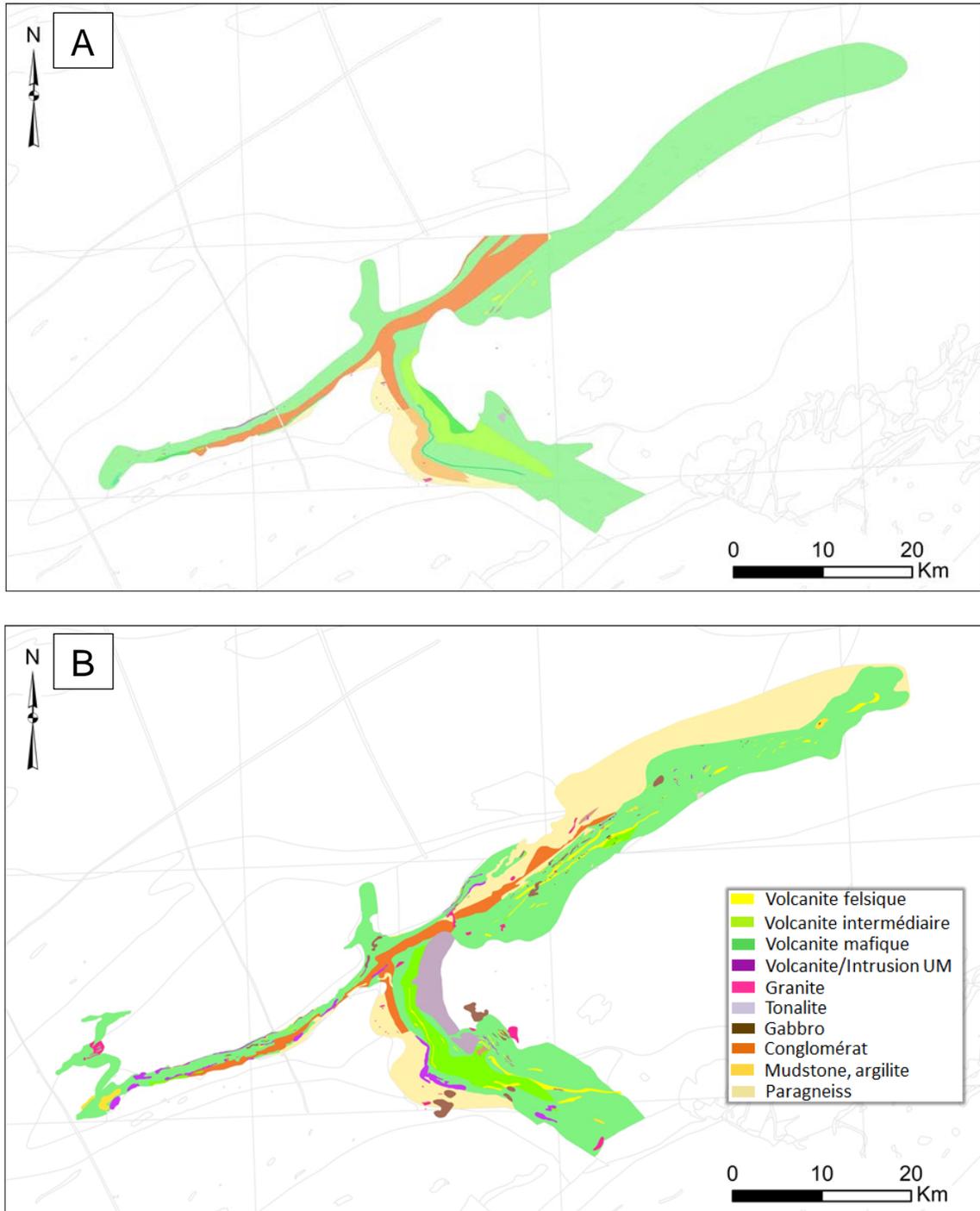


Figure 17 : A) géologie de la ceinture d'Eastmain d'après SIGÉOM. B) Interprétation de la géologie de la ceinture, ce projet.

Les conglomérats polygéniques, les grauwackes et siltstone, et les paragneiss constituent les roches sédimentaires de la ceinture d'Eastmain, ce qui représente 291 km² de roche, soit 32 % de la ceinture d'Eastmain; ils appartiennent au Groupe de Bohier. Couture (1987) propose une stratigraphie comme suit : paragneiss à la base surmonté d'environ 1 km de conglomérat polygénique à fragments de granitoïdes et métavolcanites felsiques et mafiques. Les roches métasédimentaires fines et alumineuses constituent la partie sommitale de la séquence.

Les roches ignées sont variées; elles appartiennent au Groupe de René qui surmonte en concordance les unités sédimentaires du Groupe de Bohier. Les volcanites felsiques sont présentes dans les trois branches de la ceinture. Il s'agit essentiellement de rhyolite et rhyodacite, localement trachyte, d'affinité sub-alkaline (**Figure 18A**). Ces roches couvrent 2,2 % de la surface, soit 20 km², ce qui représente une augmentation de superficie de 1 500 % par rapport à l'état antérieur. Les roches mafiques sont constituées de basalte et d'andésite basaltique (**Figure 18B**) en coulée massive, coussinée, et bréchique (Couture, 1987; Roy, 1988), et de gabbro à diorite pour les intrusions. Ces roches mafiques couvrent 58 % de toute la surface de la ceinture. Les roches ultramafiques sont présentes sous forme d'intrusion de péridotite et de coulée de komatiite à texture spinifex (Couture, 1987; Roy, 1988; Tremblay, 1994; **Figure 18D**). Ces roches couvrent 1,7 % de la superficie de la ceinture, soit 15,6 km² ce qui représente une hausse de 350 % de la surface par rapport aux données antérieures. En ce qui concerne les intrusions felsiques à intermédiaires, il s'agit d'épisodes n'appartenant pas au Groupe de René. La géochimie indique une dominance de granites et de granodiorites, mais aussi la présence de roches monzonitiques, l'ensemble d'affinité sub-alkaline (**Figure 18C**). La méthode de caractérisation des intrusions de Gaboury (2006) permet de classer les intrusions de la ceinture d'Eastmain en considérant la signature en oxydes d'aluminium et de titane dans ces intrusions et dans les volcanites encaissantes dans un rayon de 2 km des intrusions. Les intrusions étudiées dans la branche est de la ceinture d'Eastmain et dans la mine Eastmain présentent un caractère syn-volcanique (**Figure 19 A et B**). En effet, la tendance des intrusions et des volcanites est similaire.

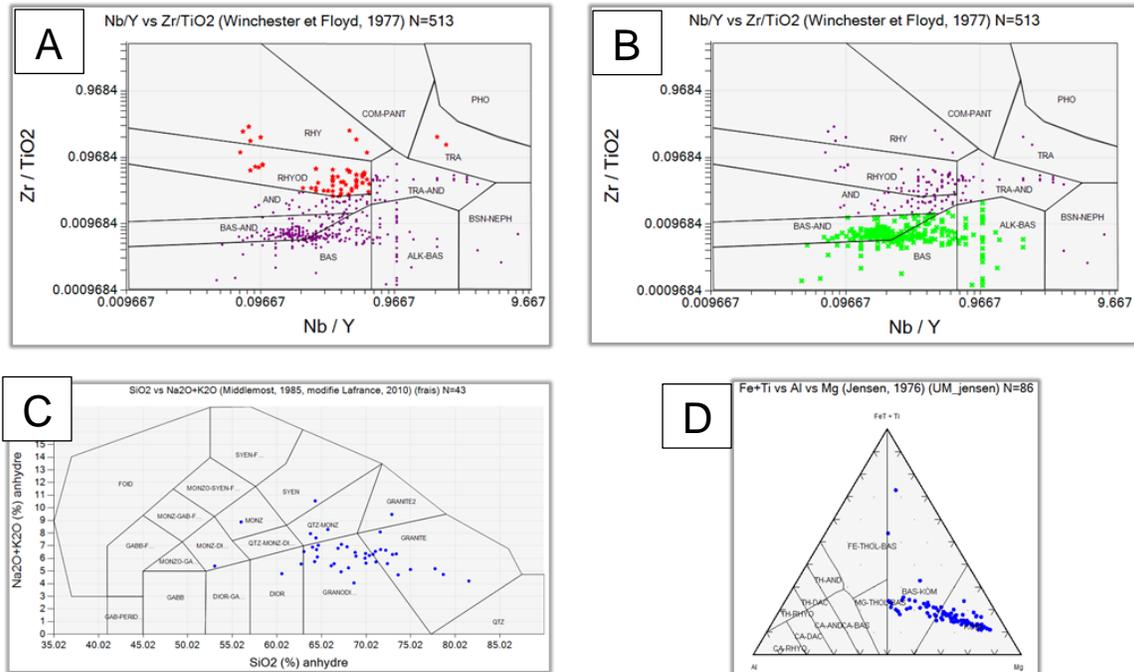


Figure 18 : A) et B) Diagramme des éléments immobiles Winchester et Floyd (1977); en point rouge les échantillons dans les volcanites felsiques; en point vert les échantillons dans les volcanites mafiques; en point mauve tous les autres. C) Diagramme TAS (Middlemost, 1985) modifié par Lafrance (2012) contenant les échantillons d'intrusions felsiques à intermédiaires en point bleu. D) Diagramme AFM avec les points bleus représentant les roches ultramafiques.

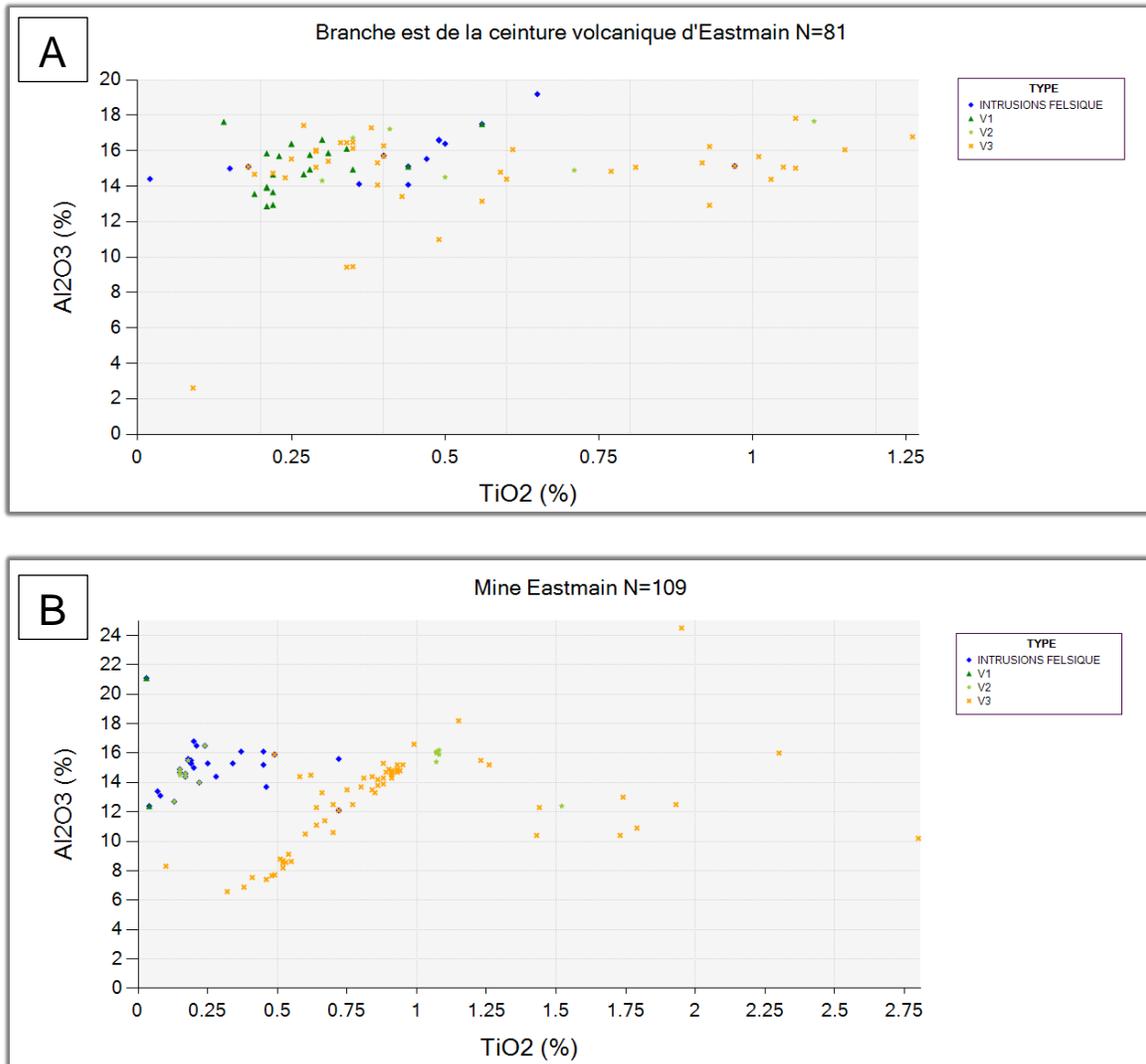


Figure 19 : Caractère syn-volcanique des intrusions felsiques à intermédiaires d'après la méthode de classification des intrusions de Gaboury (2006).

En considérant le contenu lithologique, particulièrement les proportions des roches mafiques, ultramafiques, felsiques, et sédimentaires, Pearson (2007) a conclu au caractère fertile de cette ceinture et à son bon potentiel à contenir des minéralisations aurifères. Elle aurait d'ailleurs des relations lithotectoniques avec la ceinture de Birch Uchi, hôte du gisement de Red Lake.

4.2.2.2 La déformation

La déformation est un élément caractéristique dans la ceinture d'Eastmain. Les travaux de Couture (1987) rapportaient déjà du plissement, du basculement, de l'aplatissement, et de l'étirement. La description de nombreux logs de forage met en avant une déformation ductile

dans des couloirs en relation avec des phases hydrothermales, ce qui pourrait résulter d'un rétro-métamorphisme localisé (cf. Mine Eastmain, Couture, 1993).

Deux types de couloirs de déformation ductile sont proposés (**Figure 20**): le type 1 correspond à de longs couloirs au contact des volcanites mafiques/ultramafiques et des unités métasédimentaires, tandis que le type 2 correspond à des segments plus courts au contact entre certaines volcaniques. Le couloir NE au sein du principal segment NE de la ceinture d'Eastmain, représente le principal couloir de déformation du secteur et semble tardif par rapport à certains couloirs NW-SE qui montrent des signes de plissement. Bien que la déformation soit largement reconnue, il n'existe aucun élément pour caractériser la cinématique de ces couloirs de déformation.

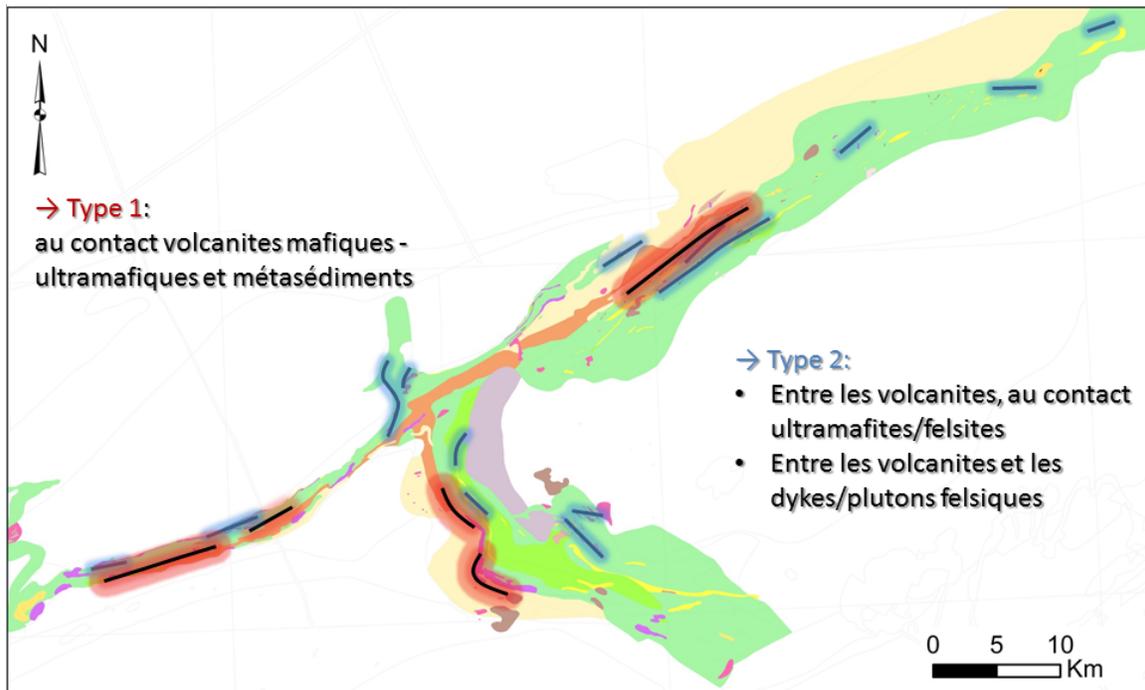


Figure 20 : Les zones de déformation ductile dans la ceinture d'Eastmain. Trait noir avec contour rouge est le type 1 ; trait noir avec contour bleu est le type 2.

4.2.2.3 Le métamorphisme

La ceinture d'Eastmain ayant été au cœur des activités de cartographie du MERN pour le secteur dans les années 1980, de nombreuses descriptions minéralogiques de macro-échantillons et de lames-minces par Hocq (1985), Couture (1987), Dejou (1987), et Roy (1988) permettent de porter un nouveau regard sur le métamorphisme. Les minéraux reconnus vont notamment de chlorite-biotite dans les roches mafiques, à sillimanite-grenat-cordiérite dans les roches métasédimentaires indiquant une variation des faciès métamorphiques.

Le métamorphisme a aussi été évalué en utilisant la CONSONORM (cf. Norme Lithomodeleur - Trépanier, 2013) d'après l'approche du contenu en H₂O à un faciès fixé tel que proposé par

Faure (2015). En fixant un niveau de métamorphisme, faciès à schiste vert supérieur (450°C) pour ce projet, le H₂O en équilibre (pas d'excès ni de déficit en H₂O à la fin du calcul) signifie que le faciès choisi est le bon; lorsque H₂O n'est pas en équilibre avec les minéraux métamorphiques calculés, il y a un excès ou déficit en H₂O ce qui signifie que le faciès n'est pas le bon. Dans le cas d'un déficit en H₂O, la roche ne contient pas assez d'eau pour former l'assemblage métamorphique calculé et l'assemblage métamorphique réel de la roche est de plus haute température que celui calculé avec le niveau de la norme choisi. Appliqué au faciès schiste vert supérieur (450°C), cela signifie que le faciès réel est égal ou supérieur à l'amphibolite. Dans le cas d'un excès en H₂O, la roche est trop hydratée pour l'assemblage métamorphique calculé et le niveau métamorphique réel de la roche est de plus faible température que celui calculé avec le niveau de norme choisi. Appliqué au le faciès schiste vert supérieur (450°C) cela signifie que le faciès réel est schiste vert ou inférieur.

La **Figure 21** présente les isogrades métamorphiques proposés pour la ceinture d'Eastmain.

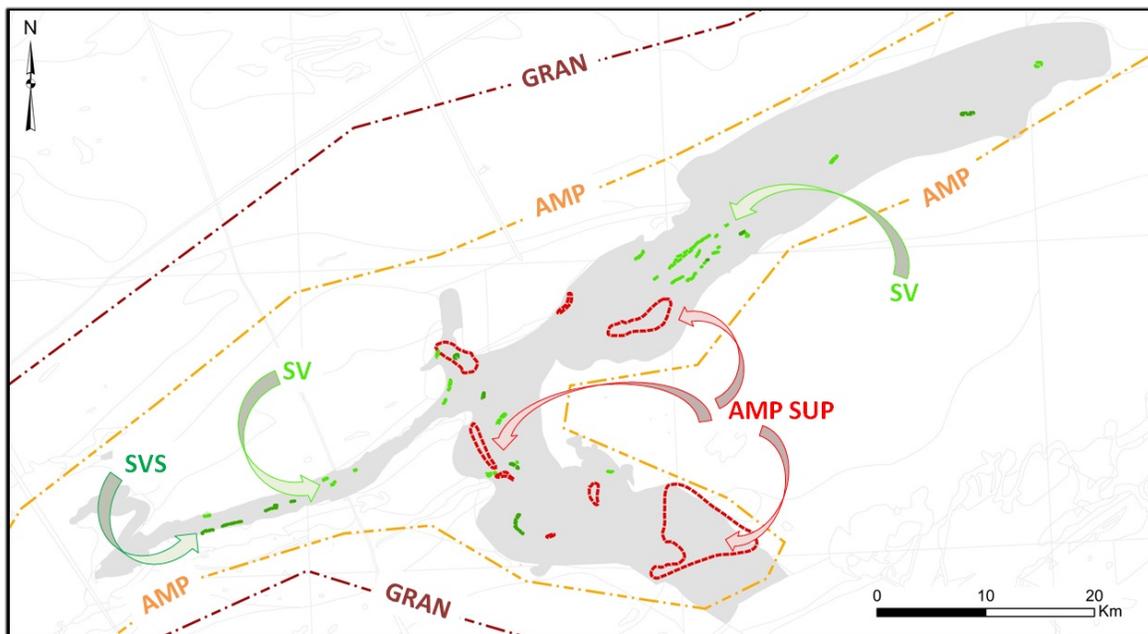


Figure 21 : Isogrades métamorphiques. Vert clair : isograde schiste vert; vert foncé : isograde schiste vert supérieur; orange : amphibolite; rouge : amphibolite supérieure; rouge foncé : granulite. Les isogrades contenus dans la ceinture d'Eastmain sont basés sur l'interprétation minéralogique d'après Hocq (1985), Couture (1987), Dejou (1987), et Roy (1988), et sur le contenu en H₂O en utilisant la CONSONORM au faciès SVS (450°C). Les isogrades hors de la ceinture d'Eastmain (AMP et GRAN) sont d'après Gauthier et al. (2007). La surface en gris est la ceinture d'Eastmain nouvellement interprétée.

5 GUIDES D'EXPLORATION ET CIBLAGE DE ZONES DE FAVORABILITÉ MINÉRALE

Bien que la connaissance géologique de la zone d'étude n'est pas aussi précise que d'autres secteurs à la Baie-James (e.g., secteur d'Éléonore), de nombreux indices métalliques et non-métalliques mettent en avant le potentiel de toute la zone d'étude (cf. **Figure 4**). À partir des données compilées et traitées, il est possible d'établir des critères d'exploration qui sont essentiellement empiriques d'après des relations observées entre la minéralisation et plusieurs éléments tels que le métamorphisme, la lithologie, la déformation, le magnétisme, ou encore la géochimie (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Critères d'exploration selon le type de gîte et la substance à la Baie-James. Critères pour l'Au de type Éléonore d'après Gauthier et al. (2007), et Ravenelle (2013), pour l'Au de type formation de fer dans les CRV d'après Faure (2010).

<p>Au orogénique</p> <p>Au type Éléonore</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transition métamorphique : schiste vert supérieur à amphibolite au contact de deux sous-provinces. • Environnement métasédimentaires : conglomérat, grauwacke, paragneiss. • Empreinte de déformation ductile importante : plissement et zone de déformation. <p>Au type ceinture d'Eastmain</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contact unités métasédimentaire et métavolcanique mafique/ultramafique associé aux zones de déformation. <p>Au type formation de fer dans les CRV</p> <ul style="list-style-type: none"> • Présence de formation de fer au contact de ceintures de roches vertes et association avec les zones de déformation
<p>Cu-Au porphyrique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Structure magnétique ovale. • Zone de contraste magnétique (démagnétisation due à l'altération hydrothermale), et altération potassique et propylitique le cas échéant. • Anomalie en Cu résiduel supérieure au 99^e centile dans les sédiments de lac. • Proximité d'une faille (conduit pour la montée du magma).
<p>Cu-Zn SMV</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les horizons de volcanites felsiques (rhyolite-rhyodacite) à caractère fertile (PER-GH), avec des interlits de roches mafiques à ultramafiques. • Hautes anomalies magnétiques et électromagnétiques.
<p>Ni-Cu magmatique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anomalies en Ni et Cu résiduel (pour les gîtes magmatiques) supérieures au 99^e centile dans les sédiments de lac.

5.1 Synthèse des minéralisations et des types de gîte

5.1.1 Au orogénique

Plusieurs indices aurifères du secteur d'étude permettent de définir des critères de recherche pour l'or, c'est notamment le cas avec les indices de la ceinture d'Eastmain; cependant, il existe régionalement un gisement de référence pour l'Au orogénique à la Baie-James, il s'agit du gisement d'Éléonore (cf. Ravenelle, 2013). Le **Tableau 1** présente les critères qui semblent les plus discriminants pour chercher ce type de gîte, à savoir la transition des faciès métamorphiques schistes verts supérieurs (issu du rétro-métamorphisme) à amphibolite (cf. Gauthier et al., 2007), un environnement métasédimentaire constitué de conglomérat, grauwacke, et paragneiss, et une empreinte de déformation ductile importante.

L'importante quantité d'information compilée portant sur la ceinture d'Eastmain permet d'identifier les éléments qui contrôlent les minéralisations dans ce secteur (**Figure 22**). Pour l'Au, le contrôle structural est un critère dominant. Par ailleurs, les zones au contact des roches mafiques/ultramafiques et des unités sédimentaires semblent concentrer le plus grand nombre d'indices aurifères (i.e., supérieur à 1 g/t Au, d'après SIGÉOM).

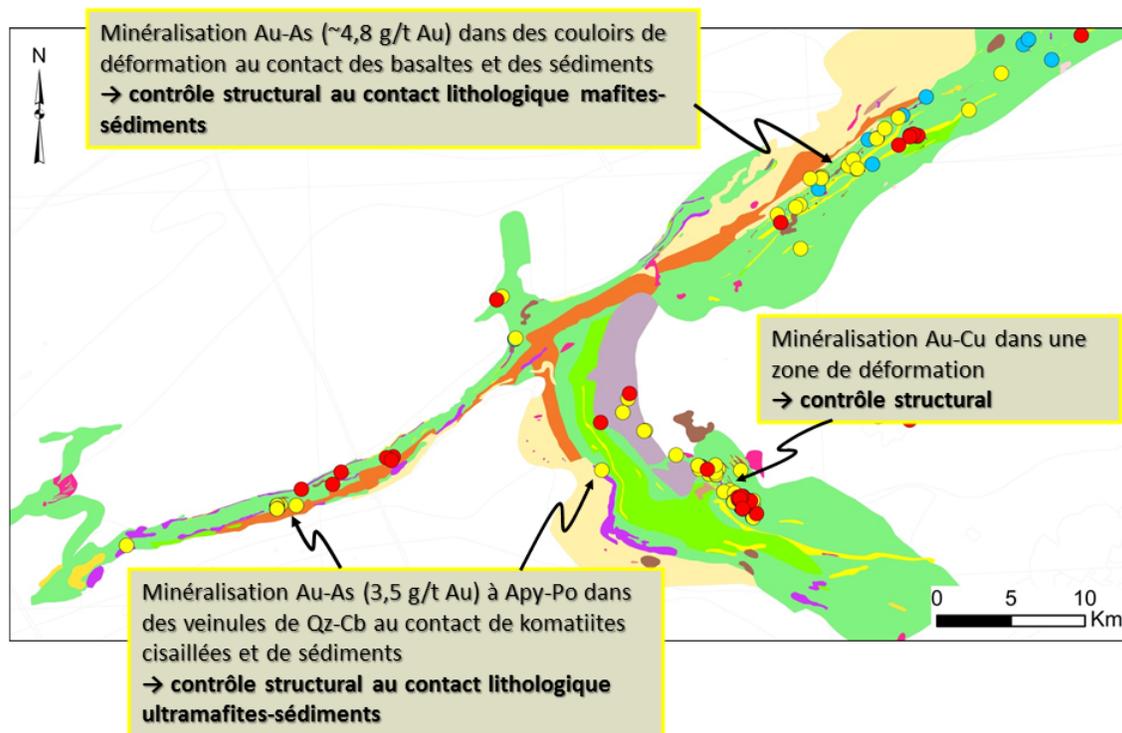


Figure 22 : Types de minéralisation Au dans la ceinture d'Eastmain. Point jaune : indice Au; point rouge : indice Cu; point bleu : indice Zn. D'après SIGÉOM et la compilation réalisée par ce projet.

Régionalement la présence de formation de fer dans des CRV et associée aux zones de déformation est un métallotecte pour l'or. Faure (2010) a calculé pour la Baie-James que 77 % des indices/gîtes aurifères sont contenus dans des CRV. La CRV de Lagrande en est un bon exemple.

5.1.2 Cu-Au porphyrique

La compilation d'informations géologiques entreprise lors de ce projet a permis de mettre en valeur un type de gîte qui n'était, à l'exception du gîte de MacLeod à l'ouest de la ceinture d'Eastmain, pas reconnu auparavant; il s'agit des systèmes porphyriques minéralisés à Cu±Au±Mo. La **Figure 23** présente la localisation et les paramètres de ces systèmes dans la ceinture d'Eastmain. Les minéralisations en cuivre dépassent le 1 % et sont associées à la chalcopyrrite et la pyrite disséminée. Un élément intéressant est la démagnétisation de l'intrusion associée aux zones minéralisées et d'altération potassique.

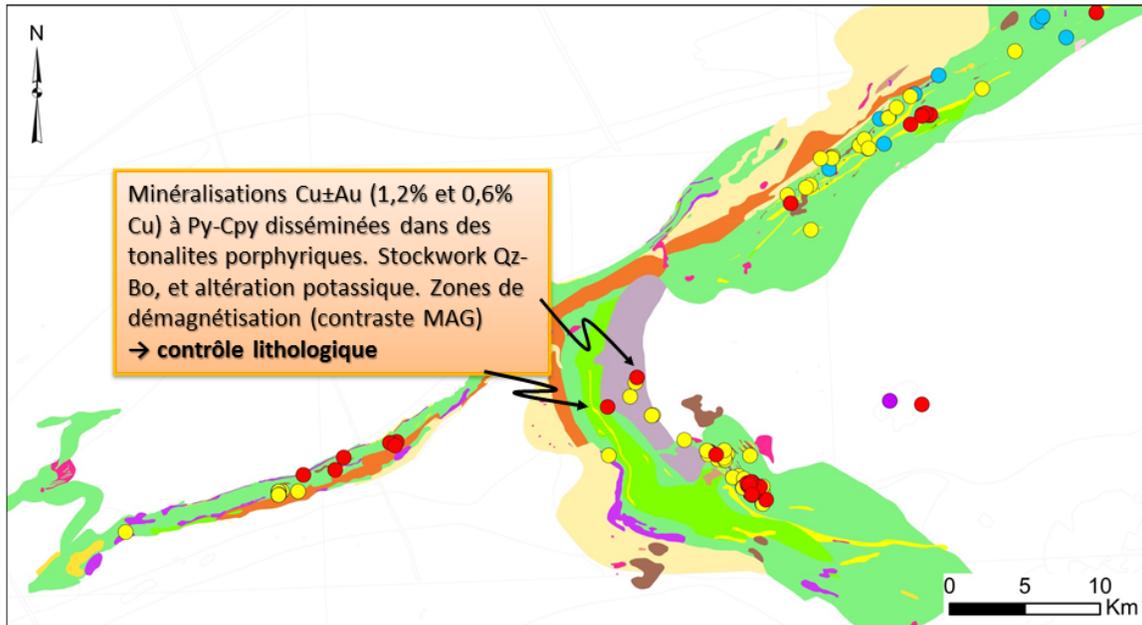


Figure 23 : Les minéralisations Cu-Au porphyriques dans la ceinture d'Eastmain. Point jaune : indice Au; point rouge : indice Cu; point bleu : indice Zn. D'après SIGÉOM et la compilation réalisée par ce projet.

5.1.3 SMV à Cu-Zn

Les amas sulfurés ont surtout été reconnus par le passé dans la branche est de la ceinture d'Eastmain, notamment avec le gîte Lérans et Lac Harbour (SIGÉOM). La reconnaissance du caractère syn-volcanique des intrusions de la ceinture est favorable au type de dépôt de sulfures massifs volcanogènes. Les nouvelles informations rapportent des sulfures massifs aussi dans la branche ouest de la ceinture (**Figure 24**). Les minéralisations sont en Cu-Zn (1 % Cu sur 5 m, 0,28 % Cu sur 20 m, 2,1 % Zn) à pyrrhotite, souvent bréchifiées, associées à de minces horizons de laves felsiques interlitées de laves mafiques à ultramafiques. Les laves felsiques, surtout des rhyolites et rhyodacites, présentent un caractère fertile pour les SMV (**Figure 25**) d'après le PERGH (cf. Pearson, 2007). Les amas sulfurés de la ceinture d'Eastmain suggèrent du SMV bimodale mafique de type Noranda, bien que l'environnement tectonique soit méconnu. Grâce à l'acquisition des levés magnétiques aéroportés de haute résolution, il est possible d'établir un critère d'exploration à partir des données géophysiques; les amas sulfurés coïncident avec les hautes anomalies magnétiques et électromagnétiques.

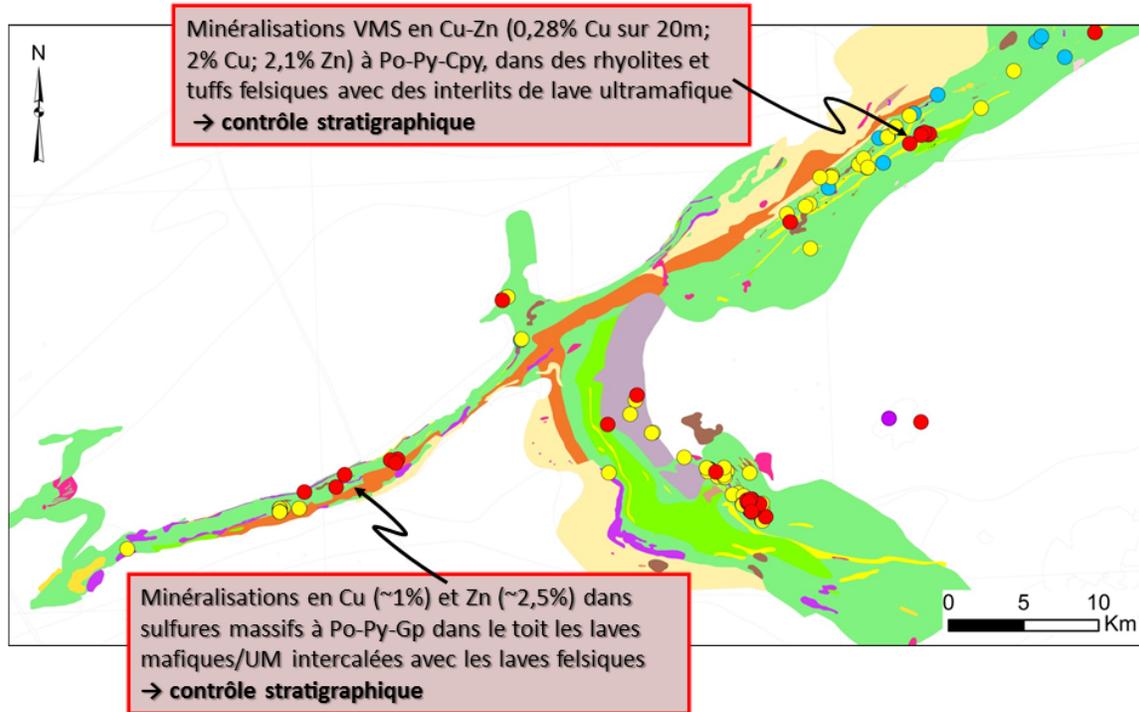


Figure 24 : Les minéralisations SMV en Cu-Zn de la ceinture d'Eastmain. Point jaune : indice Au; point rouge : indice Cu; point bleu : indice Zn. D'après SIGÉOM et la compilation réalisée par ce projet.

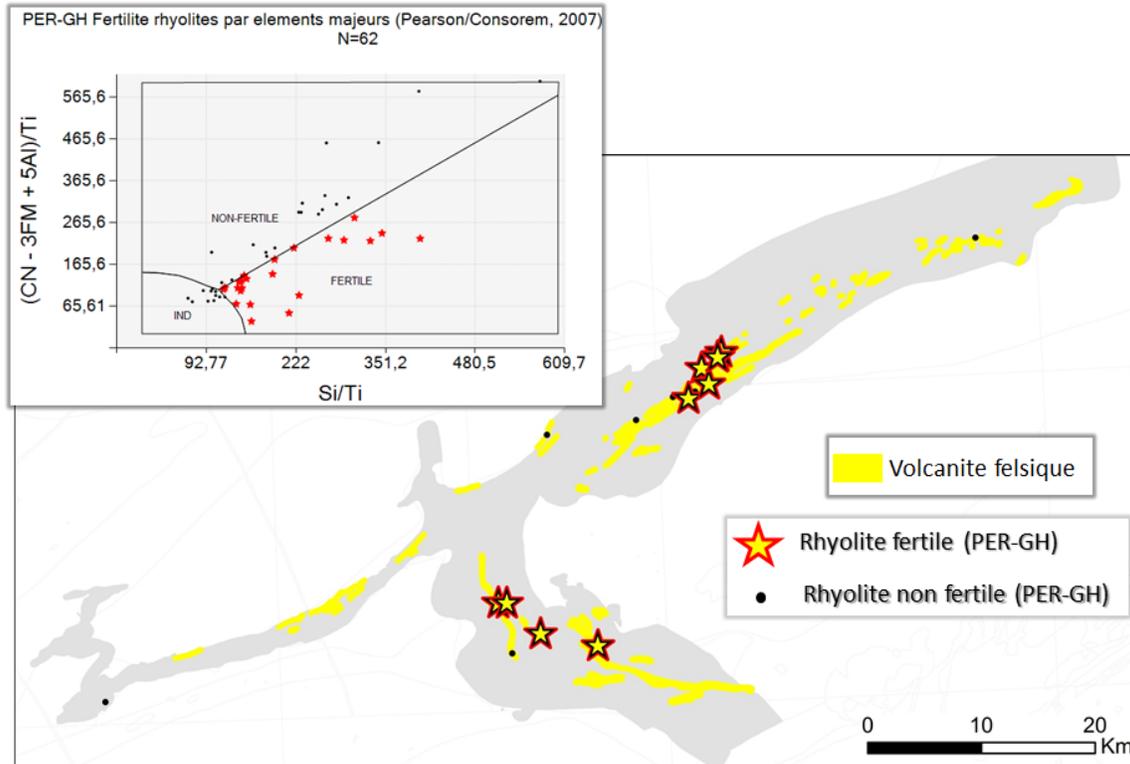


Figure 25 : Application de l'outil PER-GH (Pearson, 2007) sur les rhyolites et rhyodacites fraîches de la ceinture d'Eastmain. Les bandes jaunes sont les volcanites felsiques. Les étoiles indiquent les volcanites rhyolites/rhyodacites fertiles.

5.1.4 Ni-Cu magmatique

Il n'existe que peu d'éléments de calibration dans le secteur d'Eastmain pour définir des critères d'exploration pour le Ni-Cu magmatiques. Deux indices sont connus : ruisseau Lérans 2 (Blain, 1993) et l'indice Lessard (Eastmain Resources Inc., 2014); ils sont contenus dans des roches ultramafiques de type komatiite et périclase. L'approche proposée pour cibler ce type de minéralisation passe par l'utilisation des données de sédiments de lacs nivelés et rehaussés afin de faire ressortir de réelles anomalies, non pas des artefacts résultant de l'influence de l'environnement secondaire (e.g., profondeur des lacs; cf. projet 2005-03, Trépanier, 2006). La méthode de traitement des données de sédiments de lac est décrite de façon exhaustive dans Bigot (en prep.). Les centiles de Ni et Cu résiduels supérieurs au 99^e sont considérés comme des anomalies.

5.2 Zones d'intérêt pour l'exploration

5.2.1 Au orogénique

À partir des critères de transition métamorphique SV-AMP (isogrades resserrés), d'environnement métasédimentaire, et de déformation ductile, il est possible de cibler des secteurs répondant positivement à ces critères dans la zone d'étude autour de la route 167. Huit secteurs sont favorables (**Figure 26**). Parmi ces cibles régionales, deux zones en particulier présentent un intérêt majeur, il s'agit de la limite Opinaca/Lagrande (au nord) et de la ceinture d'Eastmain (au sud) ainsi que ses nouvelles extensions interprétées à l'est et à l'ouest. La limite Lagrande/Opinaca est déjà regardée depuis un certain temps notamment pour le type Éléonore (Grenier et al., 2008; Savard et Archer, 2009), alors que la ceinture d'Eastmain n'a pas été jusqu'à maintenant considérée pour ce type de gîte. Cela réside probablement dans l'absence d'information géologique synthétisée, problème auquel le projet actuel tente d'apporter une contribution.

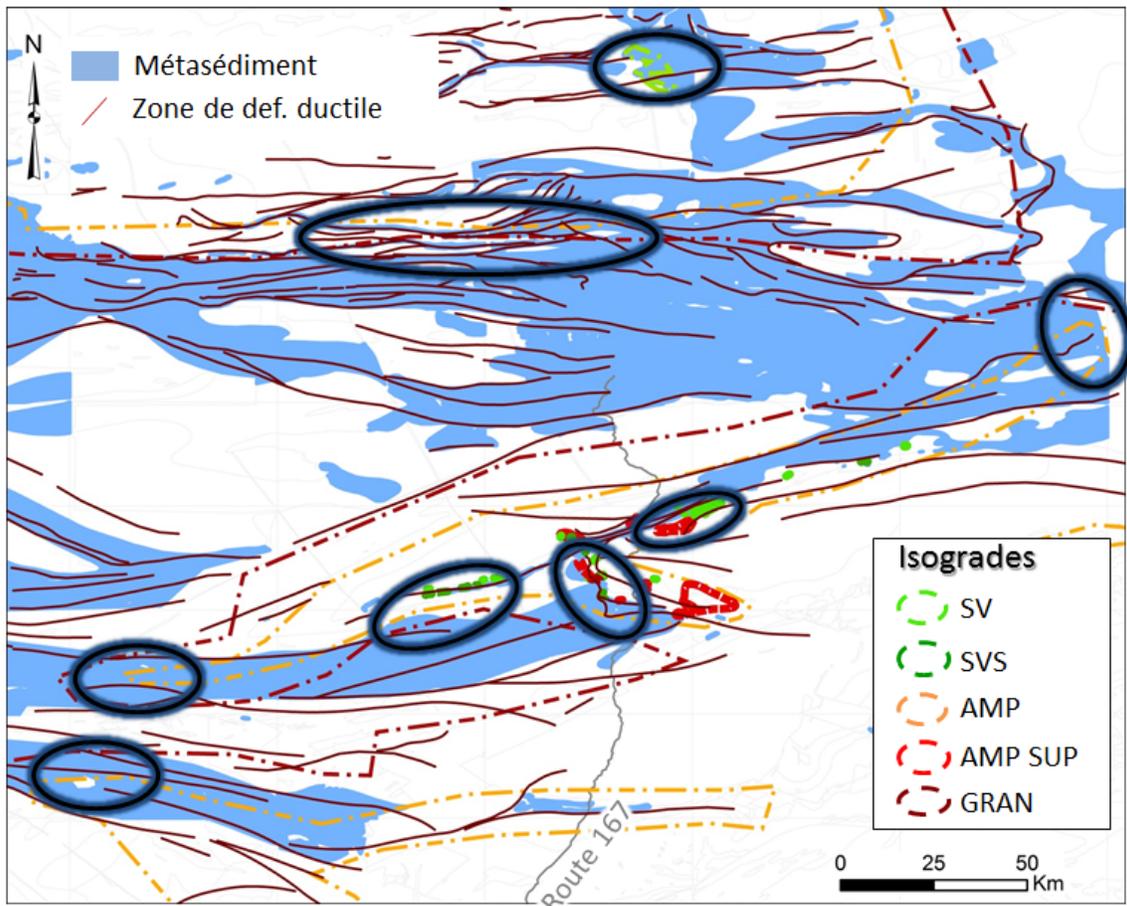


Figure 26 : Secteurs favorables (cercle bleu) pour l'Au de type Éléonore d'après les critères.

Des éléments de comparaison entre le secteur de référence d'Éléonore et le secteur d'Eastmain sont présentés à la **Figure 27**. Plusieurs points attirent l'attention : la similitude de l'environnement géologique, constitué de roches mafiques, d'intrusions felsiques, et de

métasédiments. La superficie très proche entre la Formation de Low et le Groupe de Bohier (~300 km²), deux assemblages sédimentaires distincts des paragneiss du Groupe de Laguiche. La présence du contact de la Sous-province de l'Opinaca dans les deux secteurs est un élément significatif. Par ailleurs, la transition métamorphique du schiste vert à amphibolite supérieur est identifiée dans la ceinture d'Eastmain (cf. 4.2.2.3 Le métamorphisme), de même qu'une empreinte de déformation ductile (**Figure 9, 10, 19**). Tous ces éléments rendent les branches sud et ouest de la ceinture d'Eastmain très favorables pour contenir des minéralisations aurifères de type Éléonore.

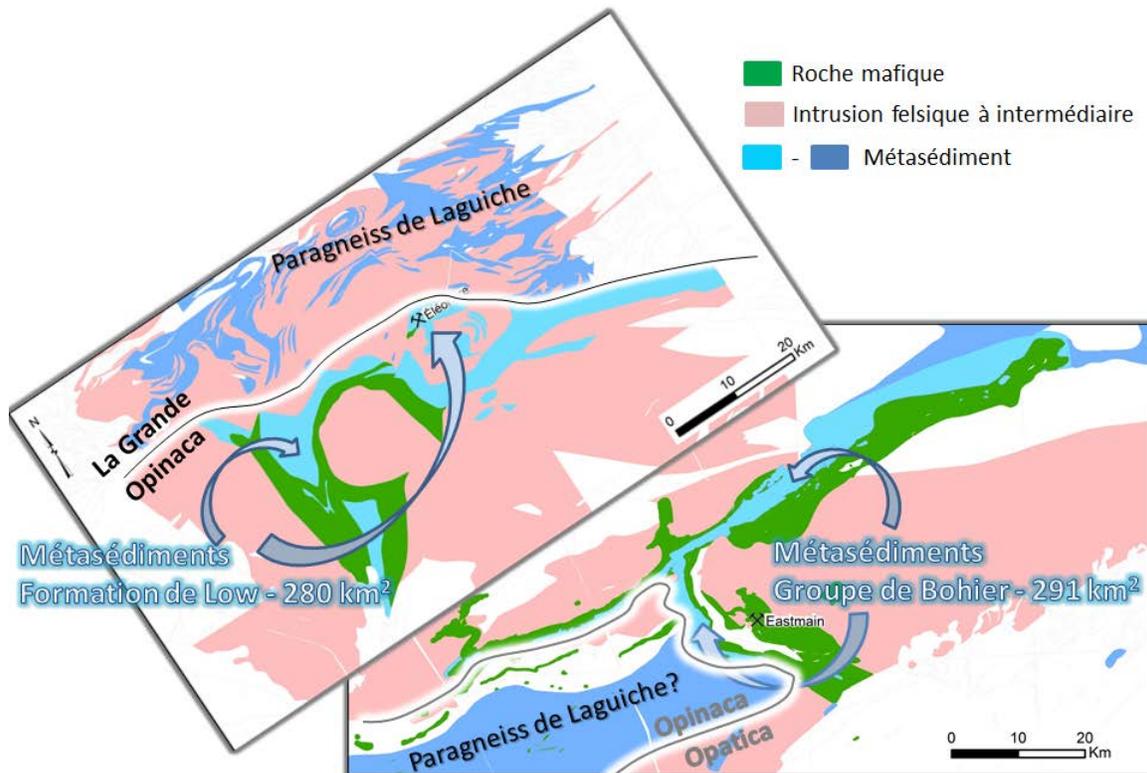


Figure 27 : Comparaison à la même échelle du secteur d'Éléonore (à gauche) et du secteur d'Eastmain (à droite).

D'autres critères d'exploration proposés au **Tableau 1** ont été appliqués au secteur de la route 167. La **Figure 28** présente les zones d'intérêt pour l'exploration de l'Au de type Eastmain, dont l'approche proposée pour le ciblage est le recoupement entre les CRV, les sédiments, et les zones de déformation. Ces zones favorables sont réparties dans tout le secteur d'étude et couvrent une superficie de 170 km². Par ailleurs, certaines nouvelles CRV interprétées lors de ce projet dans les extensions ouest et est de la CRV d'Eastmain font partie des cibles. À noter, les cibles dans les branches ouest et sud de la ceinture d'Eastmain coïncident avec les cibles d'Au orogénique proposées par Allard et Lamothe (2014).

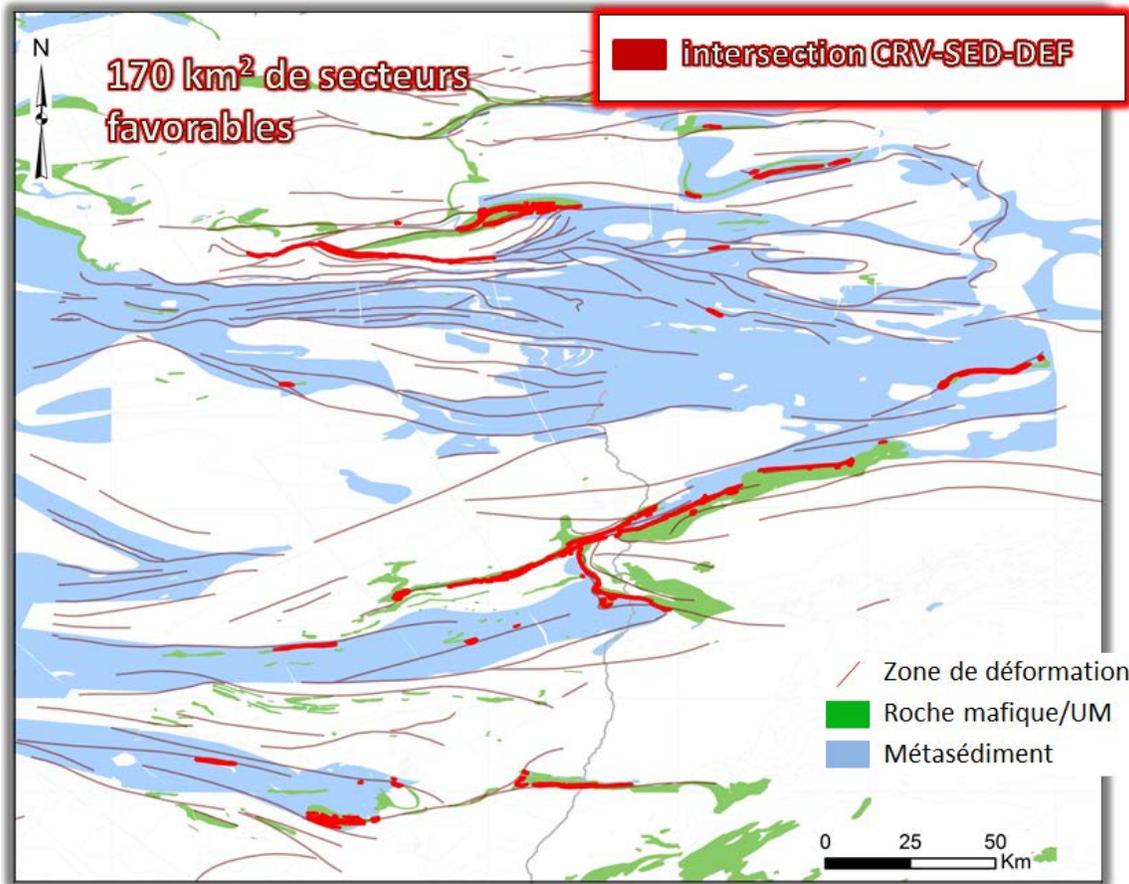


Figure 28 : Secteurs favorables pour l’Au orogénique de type Eastmain en rouge (recoupement CRV, unités sédimentaires, zone de déformation).

Les critères d’exploration pour cibler l’Au orogénique de type formation de fer dans les CRV (**Tableau 1**) a abouti à des résultats concluants. La **Figure 29** présente le ciblage. À la différence du type Eastmain, les cibles pour le type formation de fer dans les CRV sont restreintes essentiellement à deux zones couvrant 37 km² : l’une au nord du secteur d’étude à proximité de la limite Opinaca/Lagrande; et l’autre au contact sud du bassin des Otish. Au nord, les cibles sont validées par la présence de minéralisations connues (cf. Indice Savon Or, Savard 2010). Au sud, la zone ciblée intersecte la route 167 ce qui rend son accès facile. Dans cette cible proposée se trouve des blocs minéralisés en Au et métaux de base titrant 8,3 g/t Au, 2,2 % Cu, et 3 % Zn (Visible Gold Mines, 2014), ce qui en fait un secteur très favorable. Par ailleurs, la cible se poursuit à l’ouest dans une zone de pli; la charnière à 10-15 km à l’ouest de la route 167 pourrait être favorable à une concentration des minéralisations.

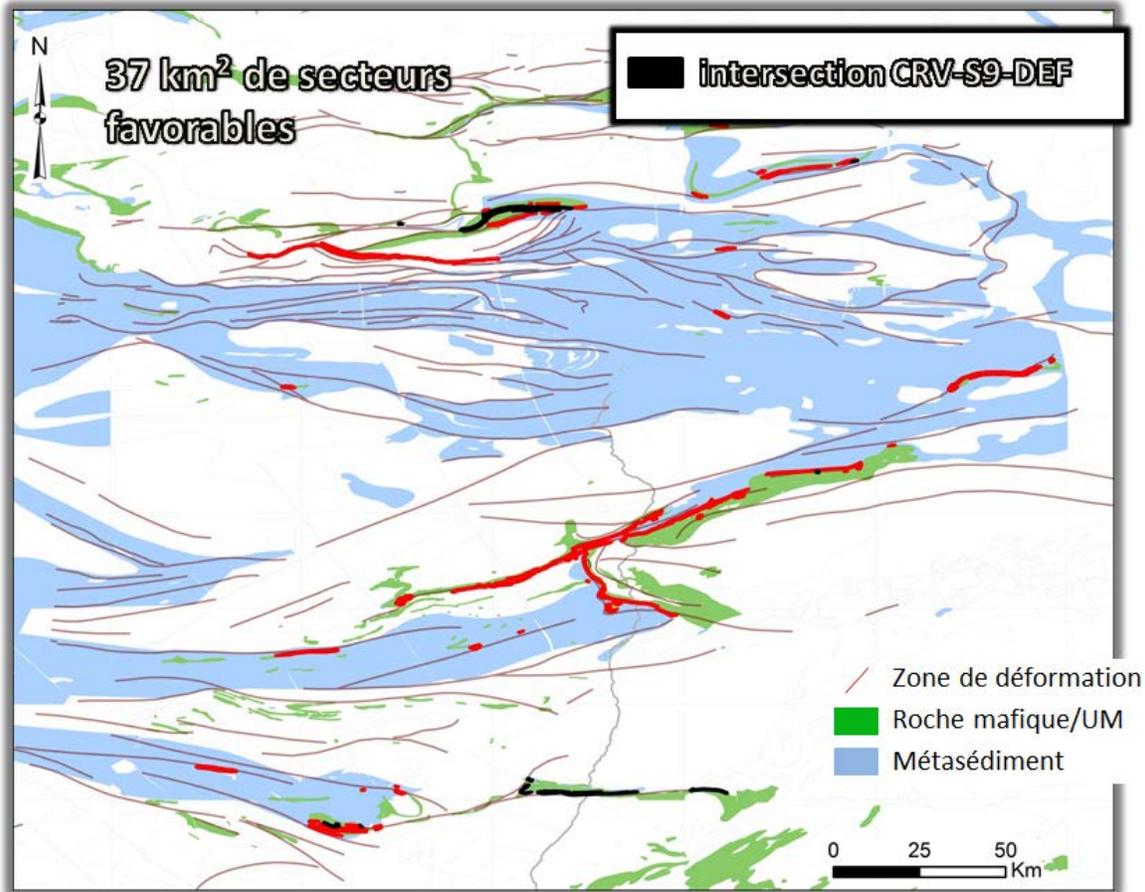


Figure 29 : Secteurs favorables pour l’Au orogénique de type formation de fer dans CRV en noir (recoupement CRV, formation de fer, zone de déformation).

5.2.2 Cu-Au porphyrique

L’application des critères géophysiques et géochimiques pour l’exploration des porphyres à Cu-Au (**Tableau 1**) a permis d’identifier six cibles (**Figure 30**). Bien que deux des six cibles ne contiennent pas d’anomalies en Cu résiduel (celles au sud), elles ont été proposées car il s’agit d’intrusions felsiques à intermédiaires dans lesquelles des altérations potassiques, propylitiques, et hématitiques sont décrites, indiquant la circulation de fluides hydrothermaux et ouvrant ainsi un potentiel pour des minéralisations de type porphyrique. Les autres cibles contiennent des anomalies en Cu résiduel parmi les plus élevées de toute la région couverte.

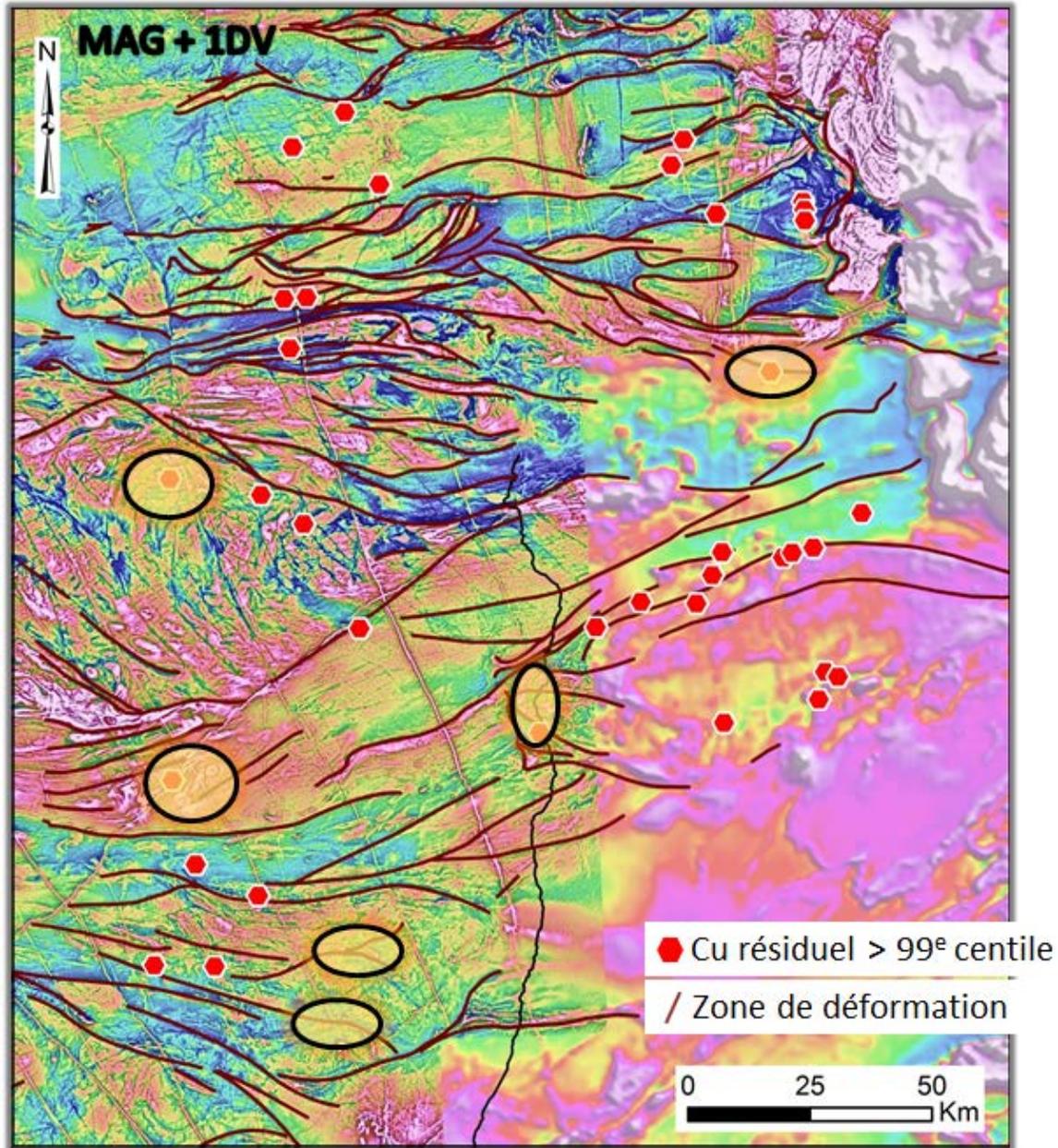


Figure 30 : Ciblage régional pour les porphyres Cu-Au (cercle noir). Champ magnétique total et transparence avec le gradient vertical en arrière-plan. Le trait noir est le tracé de la route 167.

La **Figure 31** présente un secteur cible à l'ouest de la ceinture d'Eastmain. Plusieurs paramètres sont favorables. D'une part la géophysique (champ magnétique total et la 1^{ère} dérivée verticale) montre deux anomalies ovales avec un contraste magnétique en bordure. D'autre part, la géochimie de sédiments de lac (nivelées et rehaussées) témoigne d'anomalies en Cu résiduel sur la cible (supérieur au 97^e centile) et en aval glaciaire (99,7^e centile). Par ailleurs, les cibles se trouvent à proximité de failles.

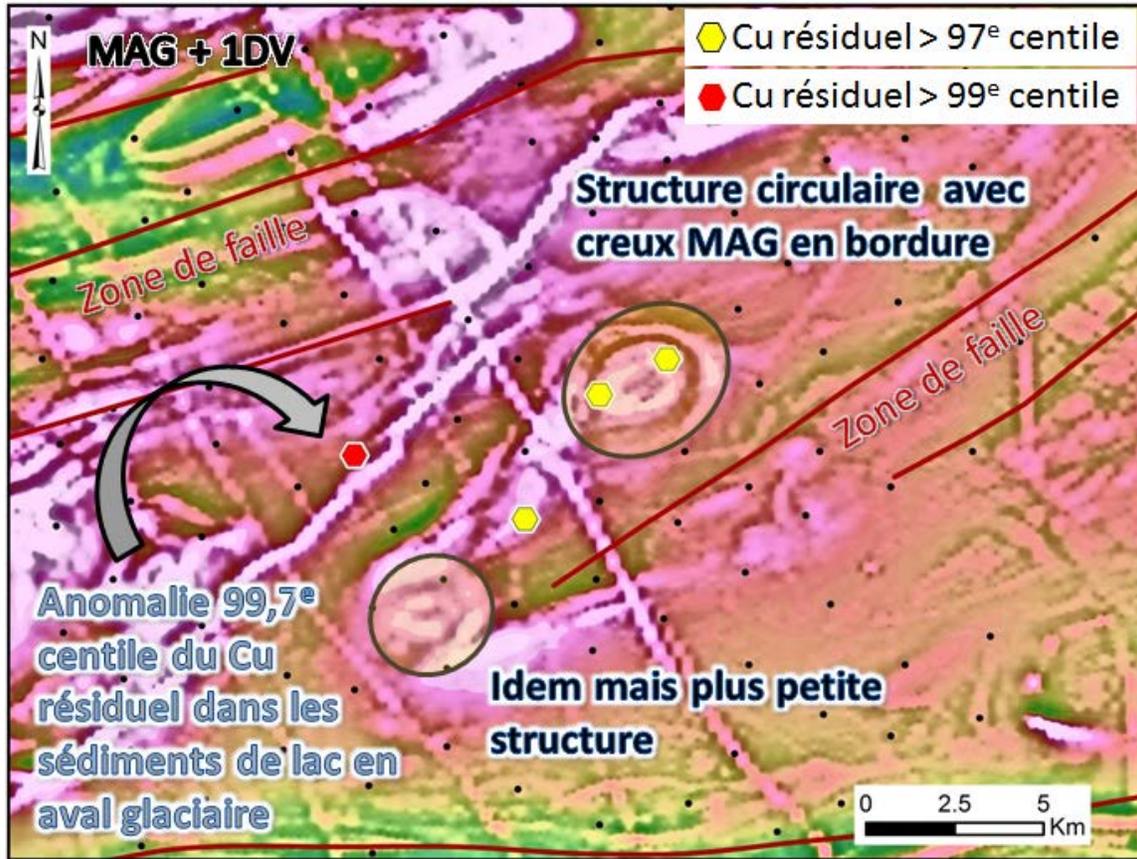


Figure 31 : Un secteur cible Cu-Au porphyrique à l'ouest de la ceinture d'Eastmain (encadré). Les points noirs sont les échantillons de sédiment de lac. Champ magnétique total et transparence avec le gradient vertical en arrière-plan.

La **Figure 32** montre un secteur cible au nord-ouest de la ceinture d'Eastmain. À nouveau ici les paramètres sont favorables. Il s'agit d'une diorite avec une signature magnétique ovale à proximité d'une zone de faille. Le contraste magnétique est visible au cœur et en bordure de l'intrusion, et deux anomalies en Cu résiduel dans les sédiments de lacs (99,9^e centile et 97^e centile) bordent l'intrusion.

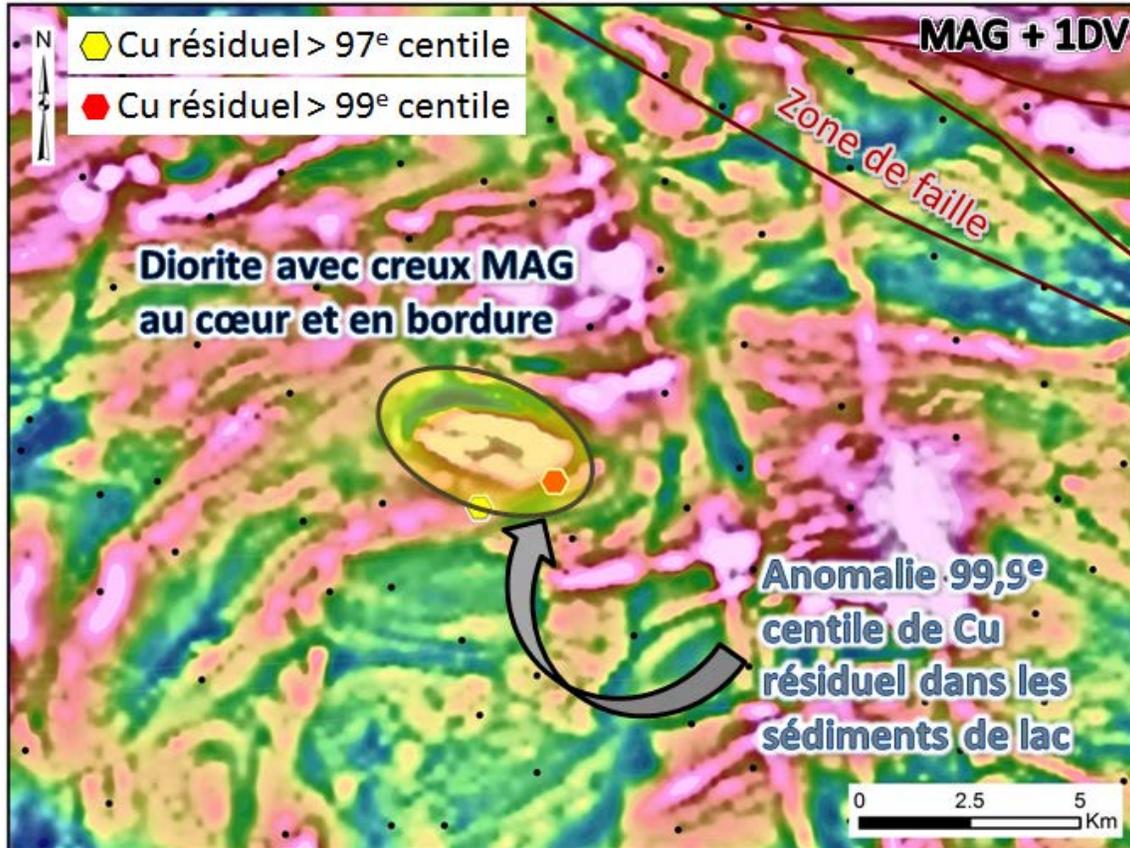


Figure 32 : Secteur cible Cu-Au porphyrique au NO de la ceinture d'Eastmain (encerclé). Les points noirs sont les échantillons de sédiment de lac. Champ magnétique total et transparence avec le gradient vertical en arrière-plan.

5.2.3. SMV à Cu-Zn

L'application des critères proposés au **Tableau 1** pour cibler les SMV par la géophysique requiert des levés de haute résolution (magnétique et électromagnétique). Seule une partie du secteur est couvert avec ce degré de précision, il s'agit de la branche est de la ceinture d'Eastmain. C'est d'ailleurs dans ce secteur que la justesse et la précision sur lithologies est la meilleure avec les points de contrôle lithogéochimiques et d'affleurement.

La **Figure 24** met en évidence des horizons de volcanites felsiques fertiles pour les SMV. Couplés aux hautes anomalies magnétiques et électromagnétiques, deux secteurs répondent positivement aux critères (**Figure 33**). Ces zones favorables sont dans la continuité d'un horizon de volcanites felsiques, interlité avec des laves ultramafiques, contenant des amas sulfurés avec des minéralisations en Cu et Zn.

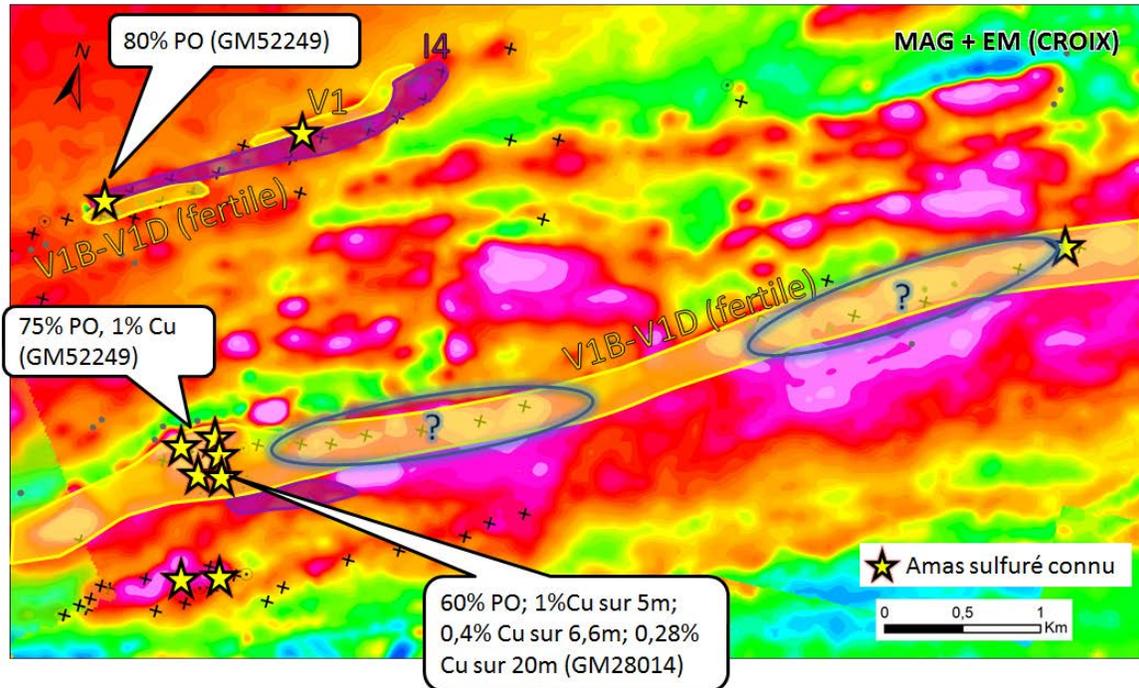


Figure 33 : Ciblage pour les SMV à Cu-Zn. Carte magnétique et anomalies électromagnétiques (croix). Secteurs favorables encadrés dans un horizon de rhyolite/rhyodacite fertile d'après le PER-GH.

5.2.4 Ni-Cu magmatique

Le ciblage à partir des anomalies de sédiments de lac a abouti à trente-trois cibles locales réparties tout le long du corridor (**Figure 34**). Quatre sites en particulier présentent un très haut potentiel puisqu'il y a à la fois une anomalie en Ni (résiduel) supérieure au 99^e centile et une anomalie en Cu (résiduel) supérieure au 99^e centile. Une partie des cibles sont contenues dans les roches mafiques et ultramafiques; cependant, une autre partie n'est pas contenue dans ces roches. Le secteur n'étant pas couvert par une cartographie à maille serrée, la présence d'anomalies réelles en Ni, caractéristique des roches ultramafiques et mafiques (cf. Bigot, en prep.), met en avant le potentiel de trouver ce type de roche dans les secteurs où elles ne sont pas reconnues. Le projet 2014-07 de cartographie prévisionnelle des roches ultramafiques propose d'ailleurs plusieurs sites favorables pour ces roches aux endroits où des anomalies en Ni sont identifiées.

Les cibles sont confrontées aux deux seuls gîtes de Ni connus dans le secteur, et répondent positivement ce qui permet de valider la méthode de ciblage.

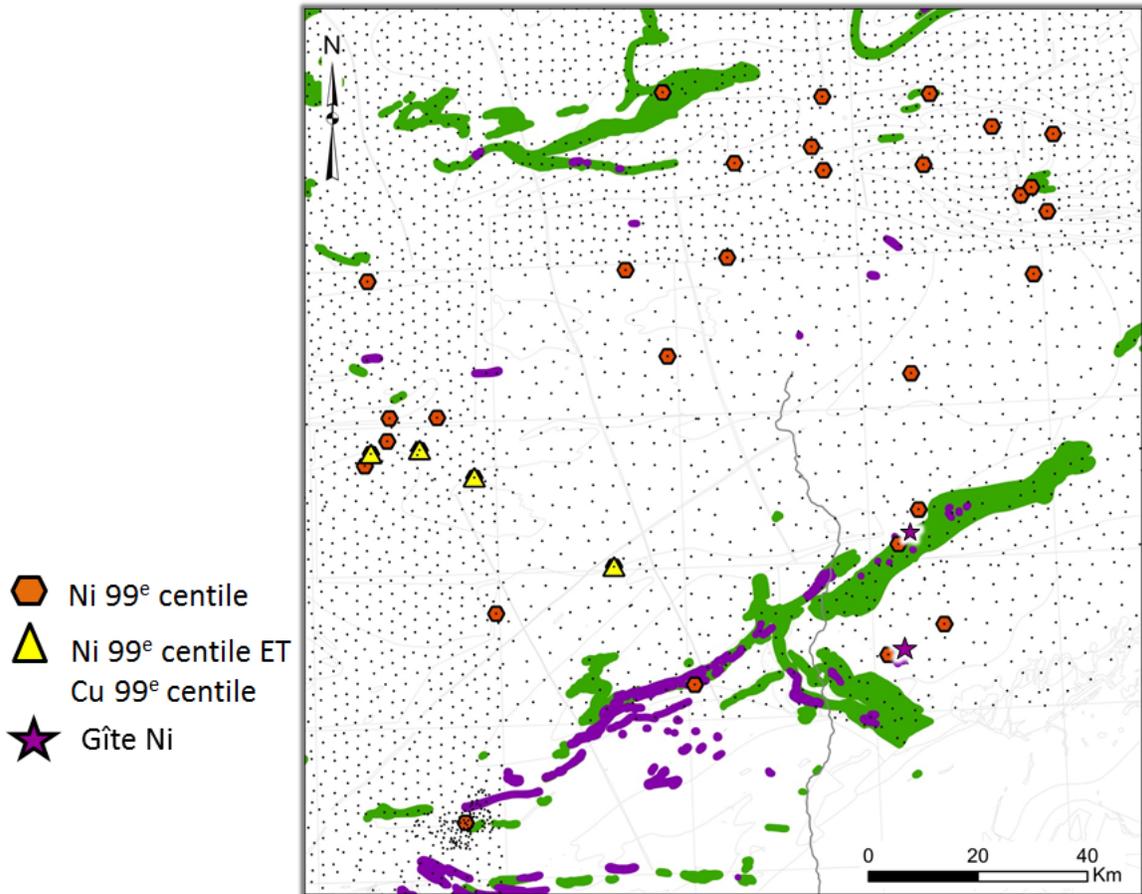


Figure 34 : Ciblage Ni et Ni-Cu le long du corridor de la route 167. Les polygones verts sont les roches mafiques; les polygones mauves sont les roches ultramafiques; les points noirs sont tous les échantillons de sédiment de lac d'après SIGÉOM. Les cibles répondent positivement aux gîtes de Ni connus.

6 CONCLUSIONS

La réalisation du projet s'est faite par une approche pluridisciplinaire de compilation et de synthétisation des données, ainsi que de traitements géophysiques et géochimiques, qui a abouti à deux principales contributions : un nouveau portrait géologique et des guides d'exploration pour le secteur du corridor de la route 167.

Le portrait géologique se décline à deux échelles, régionale et locale dans la ceinture d'Eastmain, avec de nouvelles informations sur la géologie structurale, sur les lithologies, et sur le métamorphisme. À l'échelle régionale, la reconnaissance de roches métasédimentaires et de nouvelles ceintures de roches vertes, ainsi que des zones de déformation ductile et une précision du contact de la sous-province de l'Opinaca ont des implications significatives en termes d'exploration. Pour la ceinture d'Eastmain, les lithologies sont diversifiées en roches ignées et sédimentaires (méta) notamment, et la déformation ductile, très dominante, régit l'architecture allongée et cisailée de cette ceinture.

L'extrapolation de critères métallogéniques a permis de proposer des zones de favorabilité minière. Pour l'or orogénique, les critères métallogéniques du gisement d'Éléonore, à savoir une transition métamorphique de schiste vert à amphibolite supérieure, un environnement métasédimentaire, et une empreinte structurale ductile sont appliqués au secteur d'étude, aboutissant à un ciblage de huit secteurs favorables. Un autre métallogène pour l'or orogénique, le recoupement des ceintures de roches vertes avec des unités sédimentaires et des zones de cisaillement a permis de cibler 200 km² de secteurs favorables. Six zones d'intérêt sont retenues pour les porphyres Cu-Au à partir de critères géophysiques, notamment de démagnétisation et de contraste magnétique, couplés aux anomalies en Cu résiduel dans les sédiments de fond de lac. Deux secteurs sont favorables pour les SMV à Cu-Zn dans la branche est de la ceinture d'Eastmain, identifiés à partir d'anomalies magnétiques et électromagnétiques dans des horizons de rhyolites/rhyodacites à caractère fertile d'après le PER-GH. Finalement, trente-trois cibles locales de Ni magmatique sont proposées à partir des anomalies en Ni résiduel dans les sédiments de fond de lac.

Le secteur du corridor de la route 167, bien qu'immaturo en terme d'exploration en comparaison à d'autres secteurs à la Baie-James (e.g., ceinture de Lagrande, secteur Éléonore), démontre un très bon potentiel minéral pour diverses substances et types de gîte. La nouvelle infrastructure routière permet désormais une exploration à moindre coût logistique dans un corridor très favorable aux substances métalliques.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier les partenaires du CONSOREM sans qui la réalisation du projet aurait été toute autre. Je remercie particulièrement Joanie Béland de SOQUEM et Benoit Lafrance de Focus Graphite pour le partage de données et les discussions, ainsi que les géologues du MERN, notamment Siham Benhamed, Pénélope Burniaux, et Guillaume Allard. Enfin, je remercie mes collègues du CONSOREM pour les échanges constructifs indissociables de la réussite du projet et Marie-Line Tremblay pour la révision et la mise en forme finale du document.

RÉFÉRENCES

Allard, G, Lamothe, D., 2014. Évaluation du potentiel en minéralisations du type or orogénique de la Baie-James. Ministère de l'énergie et des ressources naturelles (mise à jour du EP 2008-01); PRO 2014-01, 8 p.

Bigot, en préparation. Ni-Cu-EGP au Québec : Intégration des projets CONSOREM et ciblage. Rapport, projet CONSOREM 2014-07, 83 p.

Blain, M, 1993. Rapport de travaux d'exploration. Projet rivière Eastmain PEM 907 pour Ressources Fancamp Ltee – Ressources Freewest Inc., GM 52249, 26p.

Couture, J.F., 1987. Géologie de la partie occidentale de la bande volcanosédimentaire de la rivière Eastmain supérieure – rapport préliminaire; Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 87-51, 110 pages.

Couture, J.F., 1993. Géologie et gîtologie du gisement de la rivière Eastmain, Ungava, Québec, Université du Québec à Chicoutimi, Thèse de Doctorat, 269 pages.

D'Amours, I., 2010. Levé magnétique et spectrométrie aéroporté dans le secteur sud de LG4, Baie-James. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; DP 2010-03, 16 pages, 120 plans, données numériques.

D'Amours, I., 2011. Levé magnétique et spectrométrie aéroporté dans le secteur la haute Eastmain, Baie-James. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec; DP 2011-01, 8 pages, 130 plans, données numériques.

Dejou, B. 1987. Étude pétrographique et géochimique de la bande volcano-sédimentaire de la rivière Eastmain supérieure. Projet de fin d'étude, Département de Génie Minéral, École Polytechnique de Montréal, Montréal QC.

Dube, J., 2012. Heliborne magnetic and TDEM survey, Lac Harbour property, for Geonova Exploration Inc. and SOQUEM Inc., GM 67321, 34 pages, 5 plans.

Eastmain Resources Inc., 2014. Communiqué de presse : <http://www.eastmain.com/wp-content/uploads/2014/09/Complete-NR-2014-07-Lac-Lessard-Results.pdf>

Evans, L., 2006. Technical Report on the Troilus Mine Z87 Underground Mineral Resource Estimate, Quebec, prepared for Inmet Mining Corporation.

Faure, S., 2010. Perméabilité crustale dans le Moyen-Nord québécois : Guide d'exploration géophysique pour l'or, l'uranium et le diamant. Rapport, projet CONSOREM 2009-10, 49 p.

Faure, S., 2015. Relations entre les minéralisations aurifères et les isogrades métamorphiques en Abitibi. Rapport, projet CONSOREM 2013-03, 52 p.

Fiset, N., Nailwal, G., Legault, J., Plastow, G., et Prikhodko, A., 2014. Report on a helicopter-borne versatile time domain electromagnetic (VTEMLUS) and horizontal magnetic gradiometer geophysical survey, Eastmain-Leran project, for Focus Graphite Inc., GM 68530, 84 pages, 32 plans.

Gaboury, D., 2006. Geochemical approaches in the discrimination of synvolcanic intrusions as a guide for volcanogenic base metal exploration: an example from the Abitibi belt, Canada. *Applied Earth Science (Trans. Inst. Min. Metall. B)*, vol. 115, no 2, pp. 71-79.

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 Newsletters*, April 2007, Number 69.

Genest, S., 1989. Histoire géologique du bassin d'Otish, Protérozoïque Inférieur (Québec). Unpublished Ph.D. thesis, Montréal, Canada: Université de Montréal, 329 p.

Grenier, L., Savard, M., et Archer, P., 2008. Technical report and recommandations, reconnaissance program, Nichicun project, Mines Virginia, GM 63586, 122p.

Hocq, M., 1985. Géologie de la région des lacs Campan et Cadieux, Territoire du Nouveau-Québec; Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; ET 83-05, 190 pages, 4 plans.

Lafrance, B., 2012. Potentiel en minéralisations de terres rares, d'uranium de type Rössing et en métaux rares (Li, W, Sn) des suites d'intrusions granitoïdes du Grenville. Présentation du projet CONSOREM 2011-03.

Lapointe, I., 2008. Environnements sédimentaires aurifères en terrain de haut grade métamorphique – Le cas des bassins sédimentaires d'Opinaca-Némiscau, Baie-James. Rapport, projet CONSOREM 2007-07, 36 p.

Middlemost, E.A.K., 1985. Naming materials in the magma/igneous rock system. *Earth-Sciences Reviews* 37, 215-224.

Morfin, S., Sawyer, E.W. et Bandyayera, D., 2013. Large volumes of anatectic melt retained in granulite facies migmatites : an injection complex in northern Quebec. *Lithos*, vol. 168-169, may 2013, pp. 200-218.

Morfin, S., Sawyer, E.W. et Bandyayera, D., 2014. The geochemical signature of a felsic injection complex in the continental crust : Opinaca Subprovince, Quebec. *Lithos*, vol. 196, pp. 339-355.

Pearson, V., 2007. Fertilité des petites ceintures de roches vertes archéennes. Rapport, projet CONSOREM 2004-01, 134 p.

Percival, J.A., 2007. Geology and metallogeny of the Superior Province, Canada, 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. 903-928.

Rafini, S., 2015. Évaluation de l'efficacité des différentes techniques de géochimie de l'environnement secondaire. Rapport, projet CONSOREM 2012-04, 34 p.

Ravenelle, J.F., 2013. Amphibolite facies gold mineralization : an example from the Roberto deposit, Eleonore property, James Bay, Quebec, Université du Québec – INRS-ETE, thèse de doctorat, 283 p.

Ressources Naturelles Canada. Entrepôt de données géophysiques : <http://gdr.agg.nrcan.gc.ca/gdrdap/dap/search-fra.php>

Roy, C., 1986, Géologie de la bande volcano-sédimentaire de la rivière Eastmain supérieure, secteur de l'île Bohier; Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 86-05, 2 plans.

Roy, C., 1988. Géologie du secteur de l'île Bohier de la bande volcanosédimentaire de la rivière Eastmain supérieure; Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 88-16, 115 pages, 5 plans.

Savard, M., et Archer, P., 2009. Technical report and recommandations, reconnaissance program, Trieste project, Mines Virginia, GM 65024, 156p.

Savard, M., 2010. Rapport technique et recommandations, projet Wahemen, Mines Virginia Inc., GM 64999, 65 p.

Tremblay, A., 1994. Programme d'exploration 1994, projet Eastmain, Geonova Exploration Inc., GM 53 606, 137 pages, 17 plans.

Trépanier, S., 2006. Identification de domaines géochimiques à partir des levés régionaux de sédiments de fond de lacs – Phase 2. Rapport du projet CONSOREM 2005-03, 74 p.

Trépanier, S., 2007. Identification de domaines géochimiques à partir des levés régionaux de sédiments de fond de lacs. Rapport du projet CONSOREM 2004-09, 88 p.

Trépanier, S., 2013. Norme LithoModeleur. Consortium de Recherche en Exploration Minière, Rapport projet 2011-04, 91 p.

Visible Gold Mines, 2014. Communiqué de presse: <http://www.visiblegoldmines.com/press-release/detail-66.html>

White, D.C., Lehmann, E.K., 1977. Winter 1977 Copper-Zinc-Lead Exploration at the North End of the Mistassini Basin, GM 34160, 33 p.

Winchester, J.A., et Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, 20, p. 325-343.

Winter, L.D.S., 2011. Technical Report NI 43-101 for the MacLeod lake property, Chibougamau mining district, Quebec, prepared for Western Troy Capital Resources Inc., 74 p.