
STRATÉGIE D'EXPLORATION POUR LES GÎTES EGP – AU-CU DANS LA FOSSE DU LABRADOR

Projet 2015-04

Par : Ludovic Bigot, géo., M.Sc.
2016



AVERTISSEMENT

Ce document présente certains résultats des travaux de recherche du CONSOREM (Consortium de Recherche en Exploration minérale) 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. Le CONSOREM ne peut être tenu responsable pour des décisions prises sur la base de ces résultats.

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., 2016. Stratégies d'exploration pour les gîtes EGP-Au-Cu dans la Fosse du Labrador. Rapport, projet CONSOREM 2015-04, 27 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@ugac.ca
Site Web: www.consorem.ca

SOMMAIRE EXÉCUTIF

Dans la dynamique cyclique des projets d'exploration, les travaux pour les minéralisations en EGP-Au-Cu sont en hausse constante depuis 2012 dans la Fosse du Labrador. Après des efforts d'exploration relativement vains dans les années 1980, les découvertes de minéralisations en EGP-Au-Cu, et le développement de projets existants à EGP-Au-Cu laissent entrevoir un potentiel plus important qu'il n'était auparavant évalué. Le mandat du projet était de revisiter les données existantes avec de nouvelles approches, de réévaluer le potentiel en EGP-Au-Cu et de proposer des stratégies d'exploration pour ces substances dans la Fosse du Labrador.

Les minéralisations en EGP-Au-Cu sont contenues dans les filons-couches mafiques à ultramafiques de la suite de Montagnais. Elles partagent des caractéristiques communes avec les minéralisations en Ni-Cu, notamment les lithologies hôtes au contact entre les sédiments pélitiques et les basaltes du cycle 2. Cependant, les minéralisations en EGP-Au-Cu se distinguent des minéralisations en Ni-Cu sur plusieurs aspects : leur style disséminé en pyrrhotite-chalcopyrite, versus massif en pyrrhotite-pentlandite ; leur texture pegmatitique dominante, versus gloméroporphyrique à aphyrique ; leur position dans les parties supérieures des filons-couches, versus à la base des filons-couches ; et leur modèle gîtologique hybride magmatique/hydrothermal, versus orthomagmatique.

La méthodologie du projet repose sur une approche pluridisciplinaire qui consiste à proposer et évaluer des stratégies d'exploration pour les minéralisations en EGP-Au-Cu, basées sur des méthodes géologiques, géophysiques et géochimiques. Ultiment, des zones de favorabilité sont proposées lorsque les arguments géologiques, géochimiques, et géophysiques se recoupent. Des levés géophysiques de hautes résolutions, effectués par le ministère de l'énergie et des ressources naturelles du Québec au cours des dernières années dans l'ensemble de la Fosse du Labrador, et des données lithogéochimiques provenant essentiellement de compagnies exploratrices permettent de porter un nouveau regard sur la Fosse du Labrador et ses minéralisations en EGP-Au-Cu. Les paragraphes suivants présentent les principaux résultats et contributions du projet:

Dans la zone lithotectonique de Gérído, deux domaines structuraux semblent contrôler la distribution des gîtes d'EGP-Au-Cu et de Ni-Cu. Les gîtes de Ni-Cu sont dans un domaine dominé par les chevauchements (Gérído Ouest), dans lequel les roches sédimentaires sont imbriquées et dépourvues de formations de fer. Les gîtes d'EGP-Au-Cu sont dans un domaine marqué par le plissement (Gérído Est – Thévenet), riche en formations de fer. Des résultats de calcul de contraste ont permis de conclure qu'il existe une corrélation entre les minéralisations à EGP-Au-Cu et la proximité à la formation de fer de la Formation de Baby médian (≤ 1 km). Par empirisme, les filons-couches de Montagnais situés à moins d'un kilomètre de cette formation de fer deviennent des secteurs plus prospectifs, et le potentiel est encore meilleur lorsque des textures pegmatitiques, peu répandues dans les gabbros, sont identifiées dans ces filons-couches.

Une évaluation qualitative du comportement du signal magnétique par rapport au contenu métal en Pd-Pt-Au-Cu-Ni dans les filons-couches de Montagnais a produit un résultat

inusité, et laisse entrevoir une nouvelle méthode pour déterminer des cibles directes pour les EGP-Au-Cu-Ni à l'échelle locale. Un profil longitudinal dans trois gîtes à EGP-Au-Cu (Idefix, Lac Lafortune, Paladin) contenus dans des filons-couches de Montagnais indique que les fortes concentrations en Pd-Pt-Au-Cu-Ni sont corrélées aux creux magnétiques. Ces creux pourraient indiquer une dilution de la magnétite dans des zones plus riches en sulfures des filons-couches de Montagnais. Une seconde approche, quantitative, a permis de distinguer des zones favorables pour les minéralisations en EGP-Au-Cu dans les gabbros selon les classes de valeurs dans les levés géophysiques.

La méthode de traitement des données géochimiques de roches mafiques à ultramafiques des filons-couches de Montagnais repose sur une comparaison des signatures géochimiques de gabbros dits régionaux avec celles de gabbros contenant des minéralisations en EGP-Au-Cu. Plusieurs roches magmatiques de la Fosse du Labrador présentent de bons potentiels pour contenir des minéralisations en EGP. Le traitement des échantillons de gabbros avec les diagrammes binaires de ratio d'éléments (e.g., Ni/Pd vs Cu/Pt), couplés aux diagrammes ratio-arachnides EGP (RA-EGP), ainsi qu'aux diagrammes multiéléments REE et HFSE a permis d'identifier, dans les gabbros dits régionaux, des signatures similaires à celles des gabbros contenant des minéralisations en EGP-Au-Cu. Ces gabbros à caractère enrichi en EGP, surtout présent dans la zone lithotectonique de Gériido, suggèrent que le potentiel est plus important qu'il n'avait été évalué auparavant. Ce potentiel est aussi relevé par la présence de plusieurs anomalies de sédiments de fond de lac pour l'or, le cuivre et le nickel.

Plusieurs approches novatrices ressortent de ce projet. Au final, le recoupement de cibles lithologiques et texturales avec les cibles géochimiques et géophysiques a conduit à proposer plusieurs secteurs à haut potentiel pour les minéralisations en EGP-Au-Cu.

TABLES DES MATIERES

STRATÉGIE D'EXPLORATION POUR LES GÎTES EGP – AU-CU DANS LA FOSSE DU LABRADOR I	
AVERTISSEMENT	II
SOMMAIRE EXÉCUTIF	III
TABLES DES MATIERES	V
LISTE DES FIGURES	VI
LISTE DES TABLEAUX	VII
1 INTRODUCTION	8
1.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	8
1.2 PROBLEMATIQUES ET OBJECTIFS.....	12
2 DONNÉES ET MÉTHODOLOGIES	13
2.1 DONNEES GEOLOGIQUES	13
2.2 DONNEES GEOCHIMIQUES	14
2.3 DONNEES GEOPHYSIQUES	15
2.4 METHODOLOGIE	16
3 RÉSULTATS	17
3.1 APPROCHE ANALOGIQUE.....	17
3.2 APPROCHE GEOPHYSIQUE	19
3.3 APPROCHE GEOCHIMIQUE	22
3.4 SYNTHÈSE DES ZONES FAVORABLES POUR LES MINÉRALISATIONS EN EGP-AU-CU	29
4 CONCLUSIONS	31
5 REMERCIEMENTS	32
6 REFERENCES	33

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1: SITUATION TECTONIQUE REGIONALE DE L'OROGENE DU NOUVEAU-QUEBEC (FOSSE DU LABRADOR DANS SA PARTIE OCCIDENTALE). L'OROGENE FAIT PARTIE DE LA CEINTURE CIRCUM-SUPERIEUR (CF. CORRIGAN ET AL., 2009) QUI EST UN DES RESULTATS DE L'OROGENE TRANS-HUDSONIEN. CARTE MODIFIEE D'APRES CLARK ET WARES (2004).	8
FIGURE 2: A) COLONNE STRATIGRAPHIQUE SCHEMATIQUE DANS L'AVANT-PAYS DE LA FOSSE DU LABRADOR. B) ZONES LITHOTECTONIQUES DANS L'AVANT-PAYS DE LA FOSSE DU LABRADOR, D'APRES CLARK ET WARES (2004).	10
FIGURE 3: PRINCIPAUX ENSEMBLES GEOLOGIQUES SEDIMENTAIRES ET IGNES DANS LA FOSSE DU LABRADOR, ET LES GITES D'EGP-AU-CU ET DE NI-CU, D'APRES SIGÉOM 2015. À DROITE UN ZOOM SUR LES GITES D'EGP-AU-CU DANS LA ZONE LITHOTECTONIQUE DE GERIDO.	11
FIGURE 4: SECTION STRATIGRAPHIQUE PARTIELLE DE LA FOSSE DU LABRADOR (MODIFIE D'APRES CLARK ET AL., 2004). LES FILONS-COUCHES DE MONTAGNAIS, CONTEMPORAINS DU CYCLE 2, INTRUDENT L'ENSEMBLE DES STRATES ET SE DEVELOPPENT AU CONTACT ENTRE LES SEDIMENTS PELITIQUES ET LES BASALTES. LES PRINCIPAUX GITES D'EGP-AU-CU ET DE NI-CU SONT INDICES.	12
FIGURE 5: A) DONNEES D'AFFLEUREMENTS ET DE FORAGE DANS L'AVANT-PAYS DE LA FOSSE DU LABRADOR (VAILLANCOURT ET AL., 2013 ; BANVILLE 2015 ; SIGÉOM 2015). A) CARTE DE LA CONNAISSANCE GEOLOGIQUE DU SECTEUR DE L'OROGENE DU NOUVEAU-QUEBEC (AVANT-PAYS ET ARRIERE-PAYS), D'APRES LES POINTS DE CONTROLE DE TERRAIN (LAMOthe, 2012).	13
FIGURE 6: A) ÉCHANTILLONS DE LITHOGEOCHIMIE DANS LA FOSSE DU LABRADOR ; BLEU D'APRES SIGÉOM 2015, VERT D'APRES BANVILLE (2015), ET ROUGE D'APRES VAILLANCOURT ET AL. (2013). B) ÉCHANTILLONS DE SEDIMENTS DE FOND DE LAC, D'APRES SIGÉOM 2015.	14
FIGURE 7: COUVERTURE GEOPHYSIQUE AEROMAGNETIQUE (D'AMOURS ET INTISSAR, 2012A, B, 2013 ; BENHAMED ET INTISSAR, 2015 ; INTISSAR ET AL, 2015A, B).	15
FIGURE 8: A) CARTE AEROMAGNETIQUE RE-HAUSSEE DU SECTEUR NORD DE LA ZONE DE GERIDO (MODIFIE DE BENHAMED ET INTISSAR, 2015). L'ENVELOPPE JAUNE DELIMITE UN DOMAINE DOMINE PAR LES GITES DE NI-CU ET L'ABSENCE DE FORMATIONS DE FER ; L'ENVELOPPE ORANGE DELIMITE UN DOMAINE DOMINE PAR LES GITES D'EGP-AU-CU ET UNE ABONDANCE DE FORMATIONS DE FER. B) COUPE STRUCTURALE A-A' DE WARES ET GOUTIER (1990). DEUX DOMAINES STRUCTURAUX : CHEVAUCHEMENT A L'OUEST, ET PLISSEMENT A L'EST. LES FORMATIONS DE FER SONT EN NOIR SUR LA COUPE.	17
FIGURE 9: CALCUL DE CONTRASTE DES GITES D'EGP-AU-CU SELON LA DISTANCE AUX FORMATIONS DE FER DE LA FORMATION DE BABY MEDIAN. GITES D'EGP-AU-CU D'APRES SIGÉOM 2015, ET FORMATIONS DE FER INTERPRETEES D'APRES BIGOT (2016).	18
FIGURE 10 : ZONES FAVORABLES POUR LES MINERALISATIONS EN EGP-AU-CU D'APRES LA PROXIMITE AUX FORMATIONS DE FER, ET EN CONSIDERANT DES ELEMENTS TEXTURAUX, SUR UN FOND DE CARTE AEROMAGNETIQUE DU SECTEUR NORD DE LA ZONE DE GERIDO (MODIFIE DE BENHAMED ET INTISSAR, 2015). À NOTER QUE SEULS LES GABBROS A TEXTURE PEGMATITIQUE HORS DE GITES CONNUS SONT INDICES SUR LA FIGURE.	19
FIGURE 11: CARTE DU CHAMP MAGNETIQUE RESIDUEL A GAUCHE AVEC LA POSITION DES CAS ETUDIES, SECTEUR DE GERIDO. À DROITE, PROFILS EN SECTION LONGITUDINALE DANS LES GABBROS DE MONTAGNAIS, EN CONTEXTE DE MINERALISATIONS EN EGP-AU-CU DANS LES GITES IDEFIX ET LAC LAFORTUNE.	20
FIGURE 12: PROFIL EN SECTION LONGITUDINALE DANS LE GABBRO DE MONTAGNAIS AU NIVEAU DU GITE PALADIN (EGP-AU-CU).	20
FIGURE 13: CARTE DE LOGIQUE FLOUE RESULTANT D'UNE COMBINAISON DES COUCHES DE GRADIENT VERTICAL ET HORIZONTAL PAR L'OPERATEUR « OU ». LES ZONES AYANT DES VALEURS DE LOGIQUE FLOUE PROCHES DE 1, EN MAUVE, SONT LES PLUS FAVORABLES. LES CARRES ORANGE SONT LES GITES D'EGP-AU-CU AYANT SERVI DE REFERENCE POUR LE CALCUL DE CONTRASTE.	21
FIGURE 14: DIAGRAMME BOITES A MOUSTACHES DU « MG NUMBER » ((100MGO)/(MGO + FEO)) DANS LES ROCHES MAGMATIQUES HOTES DE GITES DE NI-CU ET EGP-AU-CU AU SEIN DES CEINTURES PALEOPROTEROZOÏQUES ASSOCIEES A L'OROGENE TRANS-HUDSONIEN.	22

FIGURE 15: DIAGRAMME DE RATIO D'ÉLÉMENTS NI/PD VERSUS CU/PT (MODIFIÉ D'APRÈS BARNES ET AL., 1988) AVEC DES GITES DE NI-CU ET D'EGP-AU-CU DE LA FOSSE DU LABRADOR ET DANS LES CEINTURES DE CAPE-SMITH ET THOMPSON. LA POSITION DES POINTS DE GITES REPRÉSENTE LA MÉDIANE DES VALEURS POUR CHAQUE GITE.23

FIGURE 16:A) ÉCHANTILLONS DE GABBRO REGIONAL DE MONTAGNAIS (POINT NOIR) DANS LE DIAGRAMME DE BARNES ET AL. (1988), PAR RAPPORT AUX GITES ET GISEMENTS D'EGP-AU-CU. B) PROJECTION SPATIALE DES DONNÉES DU DIAGRAMME (A).....24

FIGURE 17: PROFILS RATIO-ARACHNIDES EGP (PEARSON, 2007). EN BLEU, LES ÉCHANTILLONS DE GABBRO REGIONAL DU MONTAGNAIS ; EN ROSE, L'ENVELOPPE DES PATRONS RATIO-ARACHNIDES EGP DES GABBROS HÔTES DES GITES *IDEFIX* ET *PALADIN*. LE PROFIL DU GISEMENT DE LAC DES ÎLES EN NOIR EST INDICÉ COMME RÉFÉRENCE.24

FIGURE 18: PROJECTION SPATIALE DES ÉCHANTILLONS DE GABBRO AYANT UNE SIGNATURE RATIO-ARACHNIDE EGP FAVORABLE (EN MAUVE). CES ÉCHANTILLONS SONT DANS LES EXTENSIONS DES GITES *IDEFIX* ET *PALADIN*, ET AUSSI AU SUD-EST DU PREMIER, ET AU SUD DE LA ZONE *GERIDO*. LES PROFILS DE CES DEUX CAS SONT PRÉSENTÉS DANS LA PARTIE DROITE DE L'IMAGE (PROFIL EN ROUGE).....25

FIGURE 19: SPECTRES DES TERRES RARES (REE) ET DES ÉLÉMENTS INCOMPATIBLES (HFSE) NORMALISÉS AU MANTÉAU PRIMITIF (HOFMANN, 1988) POUR LES GABBROS DANS LES GITES *IDEFIX* ET *PALADIN*, ET LES GABBROS REGIONAUX HORS DE GITES CONNUS EN GRIS (LITHOGÉOCHIMIE D'APRÈS VAILLANCOURT ET AL., 2013, ET SIGÉOM 2015). LES PROFILS DES ROCHES MAFIQUES A ULTRAMAFIQUES CONTENANT LE GITE DE LAC BLEU SONT AUSSI PRÉSENTÉS.26

FIGURE 20: PROJECTION SPATIALE DES ÉCHANTILLONS TESTÉS DANS LE DIAGRAMME MULTIELEMENTS REE-HFSE. EN ROUGE SONT LES ÉCHANTILLONS DE GABBRO AYANT UN PROFIL SIMILAIRE AUX GITES *IDEFIX* ET/OU *PALADIN* ; EN BLEU CEUX AYANT UN PROFIL COMPARABLE À CELUI DU GITE DE NI-CU LAC BLEU.....26

FIGURE 21:A) ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES POUR LES GABBROS DU GITE *IDEFIX*. B) ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES POUR LES GABBROS DU GITE *PALADIN*. LES DONNÉES, D'APRÈS VAILLANCOURT ET AL. (2013) ET SIGÉOM 2015, ONT ÉTÉ TRANSFORMÉES EN LOG-CENTRE.....27

FIGURE 22: ANOMALIES CONCOMITANTES EN AS-Sb-Ni-Cu DANS LES SEDIMENTS DE FOND DE LAC DANS LA ZONE DE *GERIDO* (DONNÉES D'APRÈS SIGÉOM 2015).28

FIGURE 23: CALCUL DE CONTRASTE DES GITES D'EGP-AU-CU SELON LA DISTANCE AUX ANOMALIES CONCOMITANTES EN AS-Sb-Ni-Cu DANS LES SEDIMENTS DE FOND DE LAC.28

FIGURE 24 :SYNTHÈSE DES ZONES FAVORABLES POUR LES MINÉRALISATIONS EN EGP-AU-CU DANS LA PARTIE NORD DE LA ZONE DE *GERIDO*.29

FIGURE 25 : SYNTHÈSE DES ZONES FAVORABLES DANS LE SECTEUR DE *PALADIN*.....30

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : CORRELATION POSITIVE ENTRE LES GITES D'EGP-AU-CU ET CERTAINES CLASSES DE VALEUR DES LEVES GÉOPHYSIQUES.21

1 INTRODUCTION

L'exploration minérale dans le territoire de la Fosse du Labrador fut amorcée dès la fin du XIX^e siècle, mais ce n'est qu'en 1929 qu'un premier gisement de fer est découvert dans la région de Schefferville. Par la suite, l'exploration s'est concentrée sur les métaux de base, avec une période faste de découvertes de gîtes à cuivre — nickel dans les années 1950 à 1960, et ensuite sur les métaux précieux, notamment les Éléments du Groupe du Platine (EGP) et l'or. Les gîtes à EGP-Au-Cu furent reconnus dès les années 1980, mais seuls quelques gîtes furent identifiés et sans succès économique. Depuis les années 2012, les cours mondiaux des platinoïdes et de l'or ont atteint des sommets, ce qui se traduit par un renouveau de l'exploration pour les gîtes à EGP-Au-Cu, notamment dans la Fosse du Labrador.

1.1 Contexte géologique

L'orogène du Nouveau-Québec (connue également sous le vocable Fosse du Labrador) est une ceinture plissée et chevauchée d'âge Paléoprotérozoïque (2,17 – 1,87 Ga), s'étendant sur une distance d'environ 850 km à partir des rivages de la baie d'Ungava, au nord, jusqu'à la partie sud du Labrador où elle est tronquée par des unités et des structures reliées à l'orogène grenvillienne de 1,1 Ga (Figure 1). Elle est située sur la marge nord-est de la Province archéenne du Supérieur, et correspond à une portion de la partie sud-est de la Province archéenne-protérozoïque de Churchill. La Fosse du Labrador fait partie de la ceinture « Circum-Supérieur » qui entoure la partie nord-est de la Province du Supérieur et qui inclut également l'orogène de l'Ungava (ceinture de *Cape Smith*) au Québec et la ceinture de Thompson au Manitoba. Cette ceinture Circum-Supérieur marque en partie les stigmates de l'orogène Trans-Hudsonien (Corrigan et al. 2009).

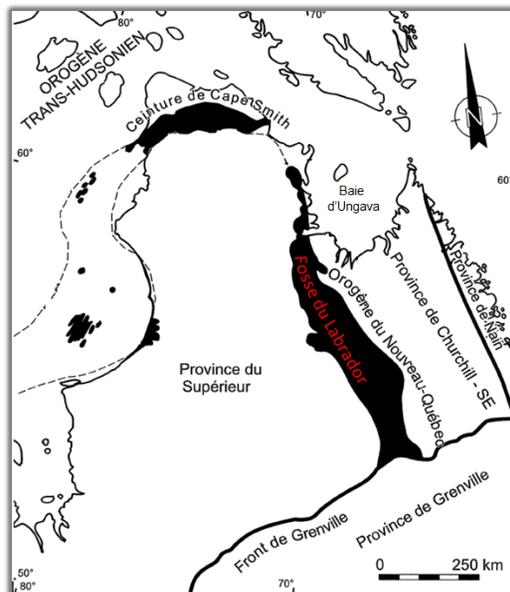


Figure 1: Situation tectonique régionale de l'orogène du Nouveau-Québec (Fosse du Labrador dans sa partie occidentale). L'orogène fait partie de la ceinture circum-supérieur (cf. Corrigan et al., 2009) qui est un des résultats de l'orogène Trans-Hudsonien. Carte modifiée d'après Clark et Wares (2004).

L'orogène du Nouveau-Québec se divise en deux zones tectoniques majeures : l'avant-pays à l'ouest, communément appelé Fosse du Labrador *sensus stricto*, et l'arrière-pays à l'est. Dans l'avant-pays, Clark et Wares (2004) et Clark (2012) distinguent deux principaux cycles de sédimentation et de volcanisme s'épaississant vers l'est et séparés par des discordances d'érosion (Figure 2A). L'ensemble repose en discordance sur le craton du Supérieur. Dans cet avant-pays, Clark et Wares (2004) ont reconnu onze zones lithotectoniques dans la Fosse du Labrador (Figure 2B), chacune délimitée par une faille de chevauchement majeure ou une discordance d'érosion. Chaque zone possède une uniformité interne, en ce qui concerne l'assemblage lithologique ou le style structural, et la distribution des types de gîtes minéraux. Trois zones sédimentaires, autochtones et parautochtones, longent la marge de la Province du Supérieur (*zones de Bérard, de Cambrien, et de Tamarack*); Trois zones sont sédimentaires et allochtones (*zones de Mélèzes, de Schefferville, et de Wheeler*); et cinq zones consistent en strates volcanosédimentaires provenant du premier cycle (*zone de Howse*), du deuxième cycle (*zone de Payne, de Gérito, et de Retty*), ou de ces deux cycles (*zone de Hurst*).

Le développement de la Fosse du Labrador s'est amorcé avec le rifting (cycle 1) du continent archéen, avant 2,169 Ga (Rohon et al., 1993), et le dépôt d'épaisses séquences de sédiments clastiques surmontées par des sédiments de plate-forme marine (Figure 2A). Une épaisse séquence de basalte s'est accumulée dans un bassin de rift dans l'est de la Fosse, et l'ensemble stratigraphique est intrudé par des filons-couches mafiques contemporains. Le premier cycle s'est terminé avec l'établissement d'une plate-forme marine et le dépôt de dolomies. Le deuxième cycle, 1,88-1,87 Ga, consiste en l'établissement d'une plate-forme continentale qui a commencé avec une séquence transgressive constituée de sédiments de plate-forme, suivie par une épaisse séquence turbiditique de marge continentale profonde (*Formations de Baby et de Thompson Lake*), avec notamment des formations de fer et localement du volcanisme. Les sédiments sont surmontés par d'épaisses séquences de basaltes (*Formations d'Hellancourt et de Willbob*), et l'ensemble est intrudé par des filons-couches de gabbro (*suite de Montagnais*) présents dans la partie est de la Fosse (Figure 2A, Figure 3). L'arrière-pays, soit le domaine Rachel-Laporte, est une zone métamorphisée au faciès des amphibolites dans lequel les métapélites (quartzite, formations de fer) et les metabasaltes sont corrélés au cycle 2 (Clark et Wares, 2004). À l'est, la Zone noyau représente un ancien craton archéen déformé et remanié au Paléoproterozoïque. Cette zone interne est constituée de gneiss et de migmatites archéens à paléoproterozoïques recoupés par des intrusions archéennes et paléoproterozoïques (e.g., *batholithe de Pas*).

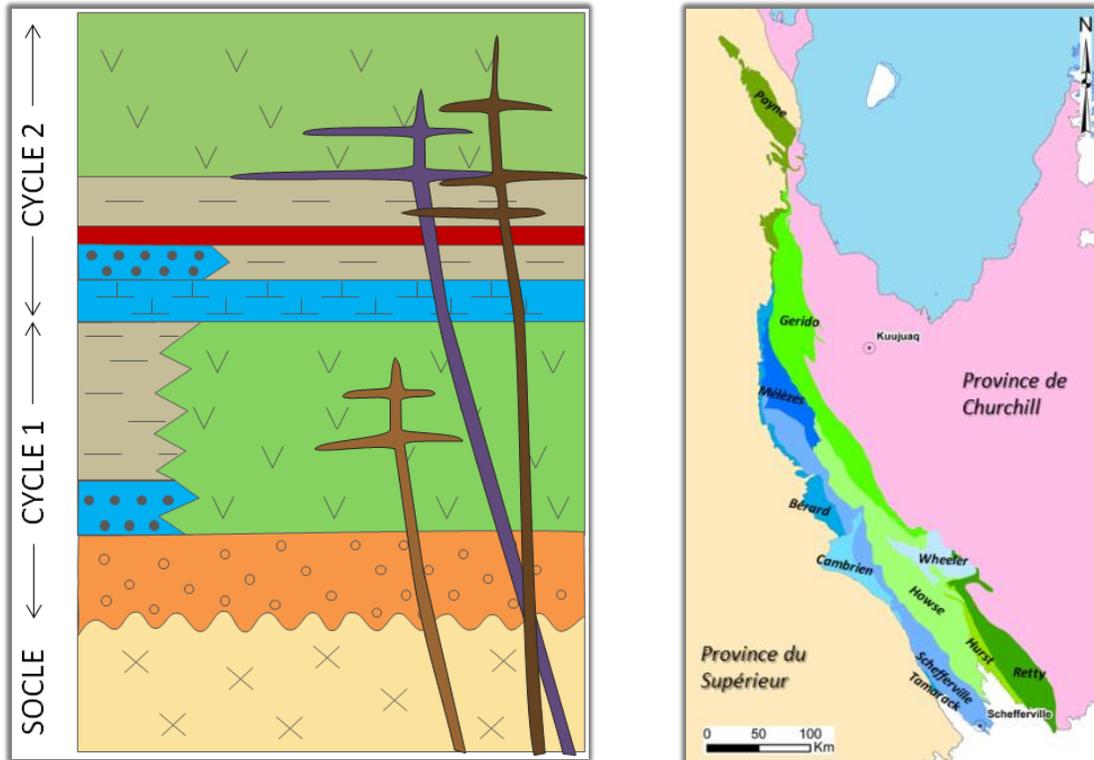


Figure 2: A) Colonne stratigraphique schématique dans l'avant-pays de la Fosse du Labrador. B) Zones lithotectoniques dans l'avant-pays de la Fosse du Labrador, d'après Clark et Wares (2004).

Les épisodes de déformation et de métamorphisme dans les différentes parties de l'orogène se sont étendus entre 1,84 et 1,77 Ga. Les plis et les chevauchements dans la Fosse du Labrador sont attribués à la collision oblique et dextre, en transpression, de la zone interne (Zone noyau) archéenne avec la Province du Supérieur (Wardle et al., 2002 ; Clark et D'Amours, 2012).

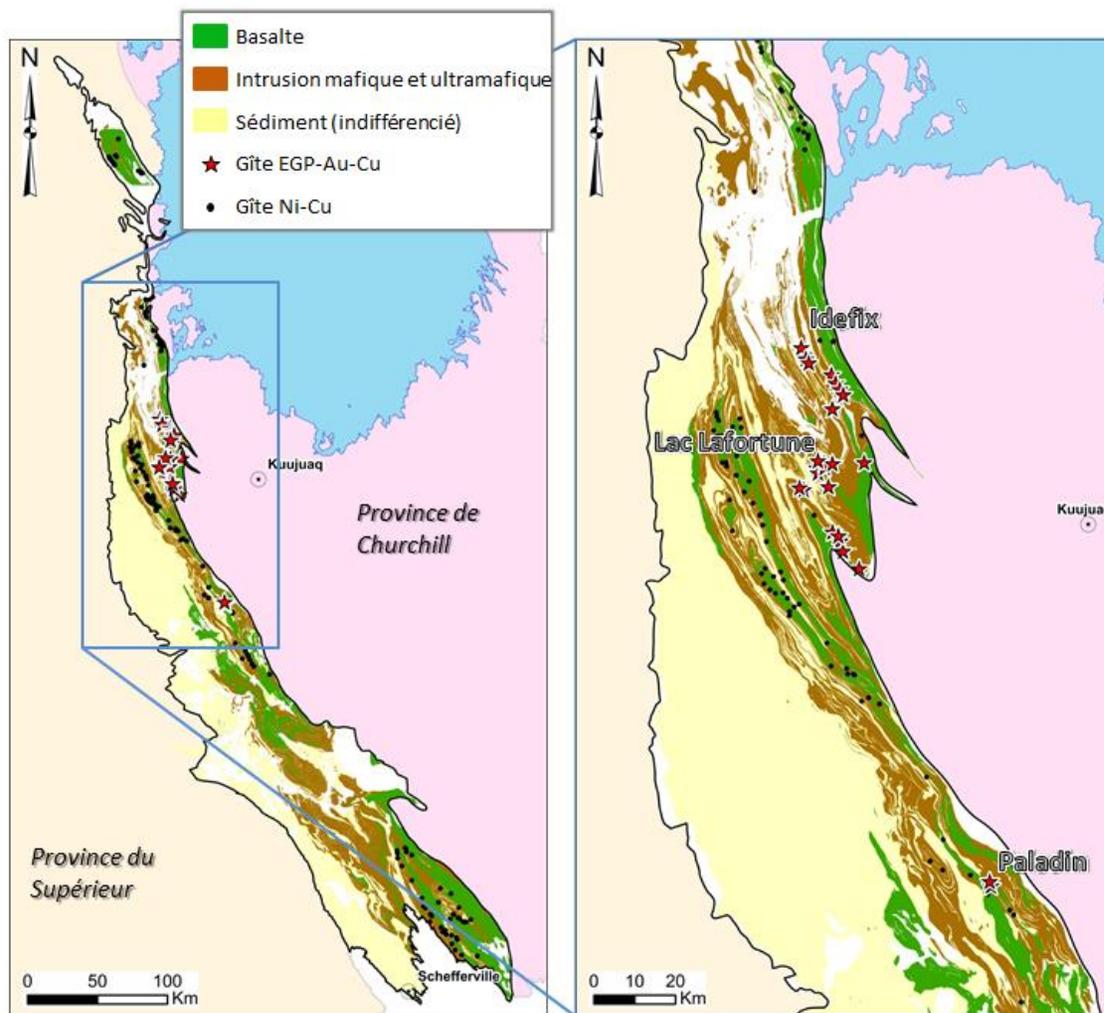


Figure 3: Principaux ensembles géologiques sédimentaires et ignés dans la Fosse du Labrador, et les gîtes d'EGP-Au-Cu et de Ni-Cu, d'après SIGÉOM 2015. À droite un zoom sur les gîtes d'EGP-Au-Cu dans la zone lithotectonique de Gériido.

Les principaux gîtes d'EGP-Au-Cu (Figure 3), Paladin (2,34 g/t Pd, 0,364 g/t Pt, 0,123 g/t Au, 0,29 % Cu, 684 ppm Ni sur 1,76 m ; Banville, 2015), Lac Lafortune (12,34 g/t Pd, 5,31 g/t Pt, 0,448 g/t Au, 1,39 % Cu, 5,8 g/t Ag ; Savard, 2003), et Idefix (13,2 g/t Pd, 2,47 g/t Pt, 0,54 g/t Au, 0,64 % Cu, 0,29 % Ni sur 1 m ; Vaillancourt et al., 2013) sont contenus dans les filons-couches différenciés de gabbro de la suite de Montagnais, au contact entre les sédiments pélitiques (i.e., *Formation de Baby*) et les basaltes (i.e., *Formation Hellancourt*) du cycle 2 (Figure 4), dans la zone lithotectonique de Gériido. C'est aussi à ce contact stratigraphique que se trouvent les gîtes de Ni-Cu (e.g., *lac Bleu*, *Chrysler 2*), eux aussi encaissés dans les filons-couches de la suite de Montagnais contemporains du second cycle. Malgré le partage de caractéristiques communes entre les gîtes à EGP-Au-Cu et Ni-Cu, soient les lithologies hôtes et le métallotecte stratigraphique, les minéralisations en EGP-Au-Cu se distinguent des minéralisations en Ni-Cu sur plusieurs aspects : leur style disséminé en pyrrhotite-chalcopryrite, versus massif en pyrrhotite-pentlandite ; leur texture pegmatitique dominante, versus gloméroporphyrique à aphyrique ; leur position dans les parties supérieures des filons-couches, versus à la base des filons-couches ; et

leur modèle gîtologique hybride magmatique/hydrothermal, versus orthomagmatique. Clark et Wares (2004) proposent que ces magmas fussent sous-saturés en sulfure lors de leur mise en place ; ce ne serait qu'au cours de leur cristallisation que la saturation en sulfures et en substances volatiles aurait été atteinte. Cela aurait provoqué la concentration des EGP dans les niveaux supérieurs pegmatitiques.

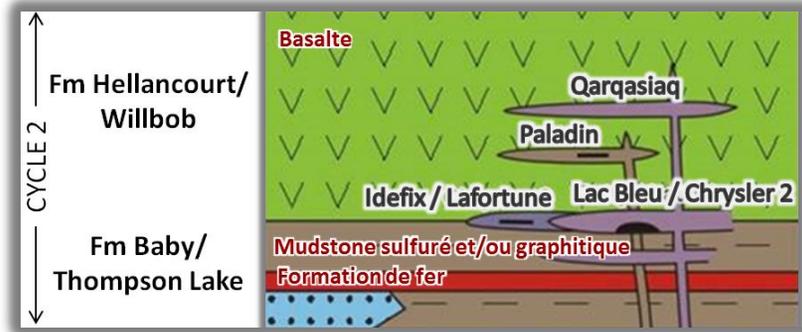


Figure 4: Section stratigraphique partielle de la Fosse du Labrador (modifié d'après Clark et al., 2004). Les filons-couches de Montagnais, contemporains du cycle 2, intrudent l'ensemble des strates et se développent au contact entre les sédiments pélitiques et les basaltes. Les principaux gîtes d'EGP-Au-Cu et de Ni-Cu sont indiqués.

1.2 Problématiques et objectifs

La diversité gîtologique de la Fosse du Labrador est bien connue (Clark et Wares, 2004), notamment pour ses grands gisements de fer et ses nombreux gîtes/gisements de Ni-Cu. Malgré la dominance de ces types de gîtes dans le portrait gîtologique, les gîtes à EGP-Au-Cu, moins répandus à ce jour, sont placés depuis quelques années sur le devant de la scène par des sociétés exploratrices actives telles qu'Exploration Midland et *NorthernShield Ressource*. La mise en valeur de gîtes d'EGP-Au-Cu connus tels que *Paladin* et *Idefix*, la découverte de nouveaux gîtes (*Idefix Nord et Sud, secteur Pallas*), et les prix élevés du platinoïde et de l'or relancent l'intérêt pour les minéralisations en EGP-Au-Cu.

Le présent projet a pour objectif de mieux cerner ces minéralisations en EGP-Au-Cu. Les gîtes à EGP-Au-Cu connus sont uniquement présents dans la zone lithotectonique de Gerido, dans sa portion est. Quels éléments géologiques contrôlent cette distribution particulière ? Parmi les intrusions mafiques à ultramafiques de la suite de Montagnais, quelles sont les signatures géochimiques et géophysiques caractéristiques des zones minéralisées en EGP ? Tout en répondant à ces questionnements, les objectifs du projet sont de revisiter les données existantes et d'intégrer les nouvelles informations géologiques, géochimiques, et géophysiques afin de générer de nouvelles idées quant aux stratégies d'exploration pour les minéralisations en EGP-Au-Cu.

2 DONNÉES ET MÉTHODOLOGIES

2.1 Données géologiques

Les données géologiques comprennent les informations de la lithologie et de la structure. Ces informations sont issues de données d’affleurements et de forages, provenant du domaine public dans le SIGÉOM 2015, et du domaine privé fournis par des compagnies partenaires du CONSOREM (Figure 5A). L’ensemble de la Fosse a été cartographiée, essentiellement des années 1955 à 1980 (cf. Clark et al., 2004 ; Bilodeau et Clark, 2014), et il y a actuellement une phase d’acquisition de données de terrain et de re-interpretation géologique par géologie Québec (Bilodeau et Clark, 2014). La distribution des travaux géologiques est inégale sur le territoire et reflète surtout les activités d’exploration minière (Figure 5B). La partie sud de la Fosse du Labrador est la région la plus explorée, alors que l’exploration dans la moitié nord-est plus fragmentaire. Le secteur couvert par la grande majorité des gîtes d’EGP-Au-Cu, soit la partie nord de la zone de Gérído (24K03, 24K04, 24K05, 24K06), a fait l’objet de plusieurs travaux gouvernementaux de terrain, par Sauvé (1956), Sauvé et Bergeron (1965), Bélanger (1982), Goulet (1986, 1987, 1995), Wares et Berger (1987), Wares et al. (1988), Wares et Goutier (1989, 1990), Goutier et Wares (1991), et Hammouche et al. (2011).

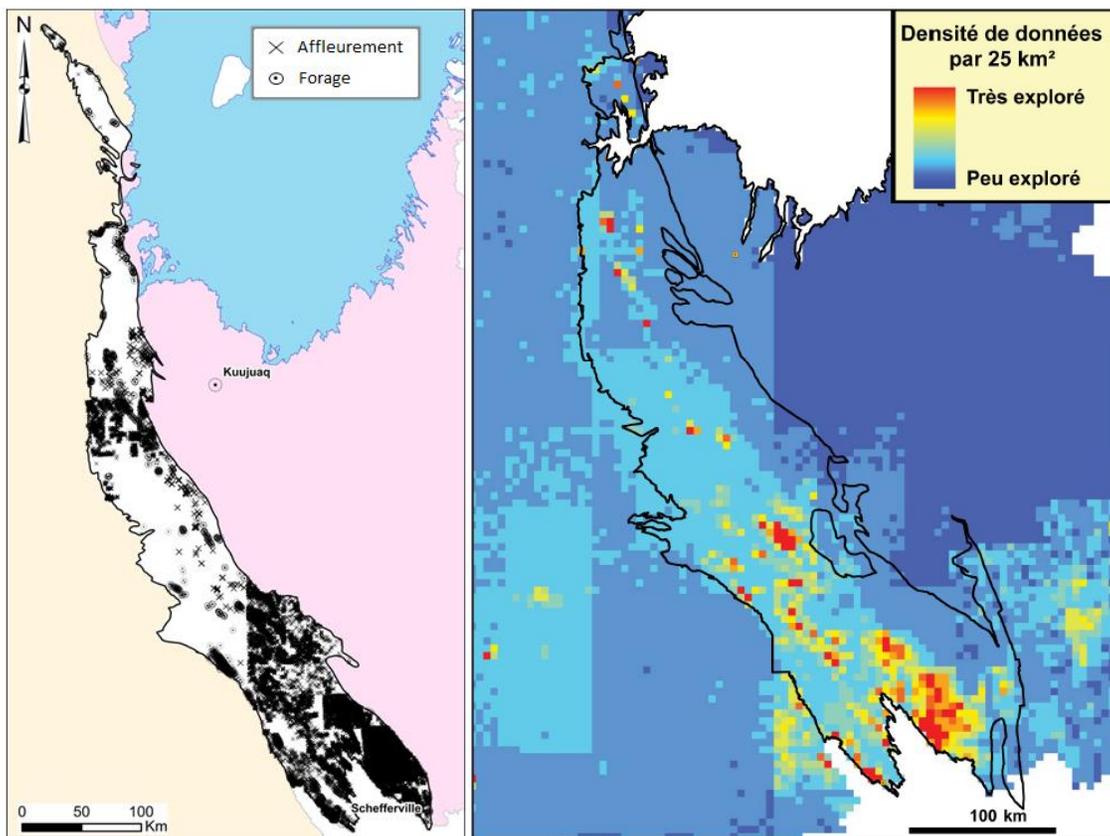


Figure 5:A) Données d’affleurements et de forage dans l’avant-pays de la Fosse du Labrador (Vaillancourt et al., 2013 ; Banville 2015 ; SIGÉOM 2015). A) Carte de la connaissance géologique du secteur de l’orogène du Nouveau-Québec (avant-pays et arrière-pays), d’après les points de contrôle de terrain (Lamothe, 2012).

2.2 Données géochimiques

Une banque de données géochimiques comprenant la géochimie de roche, issue d’affleurements et de forages, et de sédiments de fond de lac, fut constituée pour ce projet. Les données de géochimie de roche représentent 10 289 échantillons analysés par ICP-MS (ou re-analysés) pour les roches totales, pour les éléments traces, et/ou pour les métaux (Figure 6A). Une partie des informations géochimiques utilisées provient de travaux gouvernementaux et privés, compilés à partir de SIGÉOM. L’autre partie provient du domaine privé, et a été fournie par des compagnies partenaires du CONSOREM. La distribution des données est hétérogène, et la zone lithotectonique de *Gérido* est le secteur contenant la plus grande quantité d’analyses de roche (Figure 6A), bien qu’il y ait une portion significative d’échantillons analysés pour les métaux seulement (Pd, Pt, Au, Cu, Ni, Ag). Les sédiments de fond de lac ont une distribution inégale, avec une maille plus dense dans la moitié sud que dans la moitié nord (Figure 6B). Ces échantillons d’environnement secondaire ont été re-analysés pour la plupart par ICP-MS en 2010 par géologie Québec (Maurice et Labbé, 2009), et sont disponibles à partir du SIGÉOM.

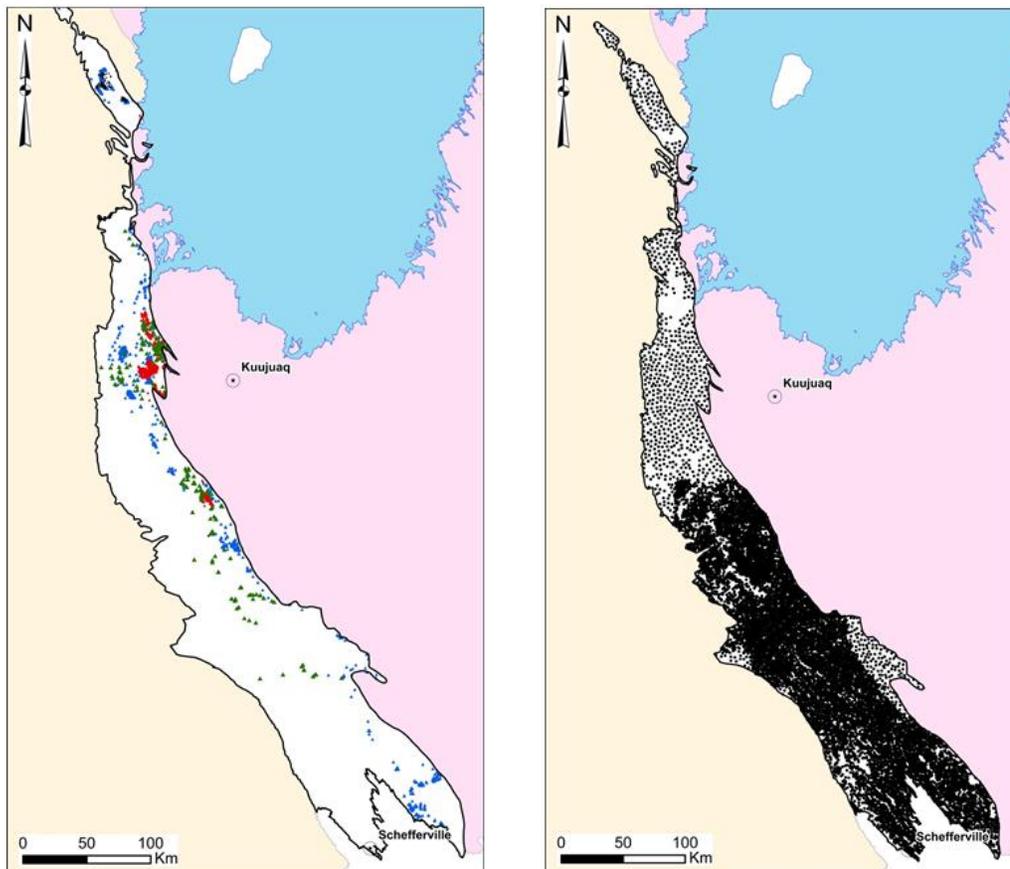


Figure 6:A) Échantillons de lithogéochimie dans la Fosse du Labrador ; bleu d’après SIGÉOM 2015, vert d’après Banville (2015), et rouge d’après Vaillancourt et al. (2013). B) Échantillons de sédiments de fond de lac, d’après SIGÉOM 2015.

2.3 Données géophysiques

La Fosse du Labrador a fait l'objet de levés géophysiques réalisés par géologie Québec. Il s'agit de levés magnétiques aéroportés de haute résolution avec des lignes de vols au 250 m effectués entre 2009 et 2015 (Figure 7 ; D'Amours et Intissar, 2012a, b, 2013 ; Benhamed et Intissar, 2015 ; Intissar et al, 2015a, b).

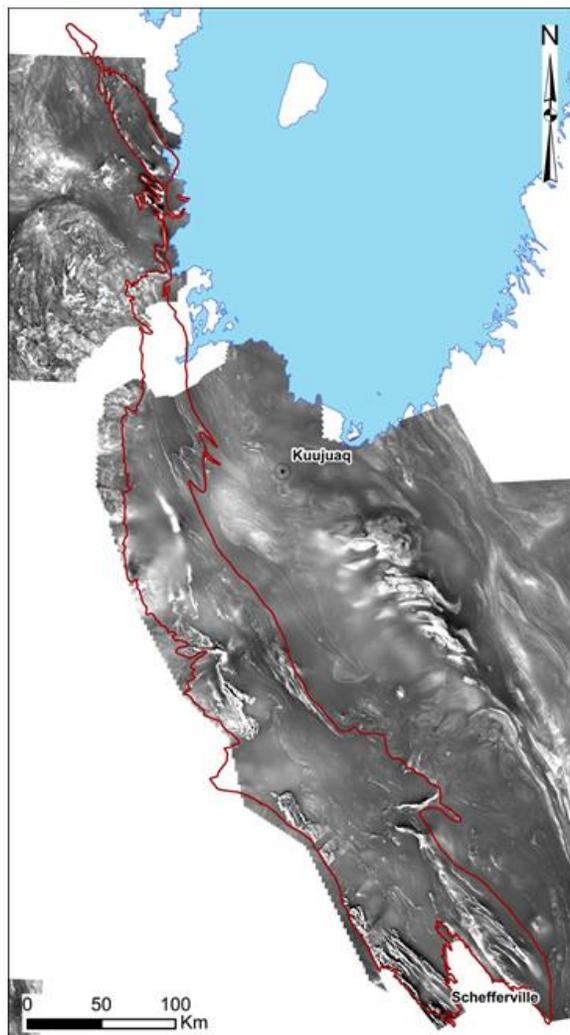


Figure 7: Couverture géophysique aéromagnétique (D'Amours et Intissar, 2012a, b, 2013 ; Benhamed et Intissar, 2015 ; Intissar et al, 2015a, b).

2.4 Méthodologie

La région d'étude est l'avant-pays de la Fosse du Labrador. Ce choix s'explique par le fait qu'il s'agisse d'une région attractive pour les minéralisations en EGP-Au-Cu, car riche en filons-couches de Montagnais, et aussi par le fait que c'est la zone contenant le plus de données disponibles. La méthodologie du projet repose sur une approche pluridisciplinaire qui consiste à proposer et évaluer des stratégies d'exploration pour les minéralisations en EGP-Au-Cu basées sur des méthodes géologiques, géophysiques et géochimiques.

Ultimement, des zones de favorabilité sont proposées lorsque les arguments géologiques, géochimiques, et géophysiques se recourent.

Les données géologiques ont été évaluées avec une approche statistique, en utilisant la méthode des calculs de contraste (cf. Bonham-Carter, 1994 ; Trépanier, 2011 ; Mathieu, 2013), afin d'établir des corrélations entre la distance aux gîtes d'EGP-Au-Cu et des unités et structures géologiques.

Les données lithogéochimiques sont traitées avec le logiciel LITHOMODELEUR version 3.6.3, développé au CONSOREM, pour définir les signatures des gîtes en EGP-Au-Cu et reconnaître le caractère des magmas fertiles dans certains échantillons, notamment à partir des diagrammes de ratio d'éléments de Barnes et al. (1988), et de ratio-arachnide EGP de Pearson (2007). Les gîtes *Idefix* et *Paladin* sont pris en référence, car ils bénéficient d'une base de données lithogéochimiques relativement exhaustive. Un traitement statistique de régression spatiale sur les sédiments de fond de lac a été réalisé pour enlever le biais dû à la profondeur des lacs. Il a été effectué avec le logiciel « Outil de traitement de la géochimie secondaire 1.05 », développé au CONSOREM (cf. Trépanier, 2006).

L'approche pour traiter les données aéromagnétiques est double. Elle évalue en premier lieu, en section longitudinale, les relations entre le signal magnétique et le contenu métal en EGP-Au-Cu-Ni dans les gabbros hôtes de gîtes d'EGP-Au-Cu. Ces traitements ont été réalisés en utilisant le logiciel « Oasis Montaj de Géosoft ». La seconde approche est statistique, en utilisant la méthode des contrastes pour évaluer les corrélations entre les gîtes d'EGP-Au-Cu et certaines classes de valeurs des levés géophysiques, incluant le champ total résiduel, et les gradients verticaux et horizontaux. Ces traitements ont été réalisés avec le module « ArcSDM » dans ArcGIS 10.1.

3 RÉSULTATS

3.1 Approche analogique

Les hautes résolutions des levés géophysiques récents dans la Fosse du Labrador permettent d'apporter des modifications à certaines lithologies. C'est le cas pour les formations de fer dont le tracé de celles existantes a été raffiné, et de nouvelles formations de fer ont été proposées (Bigot, 2016). L'ensemble du secteur présenté à la Figure 8 A, dans la zone de *Gérido*, contient d'importantes séquences de roches sédimentaires de la *Formation de Baby*, incluant des shales et des formations de fer, et les styles structuraux sont variables (Figure 8B). Dans la moitié ouest (enveloppe jaune), les lithologies sédimentaires sont des shales sulfurés et graphitiques de la *Formation de Baby supérieur* qui, à la faveur de mouvements le long des failles de chevauchement, sont imbriqués; dans la moitié est (enveloppe orange), les lithologies sédimentaires sont marquées par d'importantes formations de fer, parfois sulfurées, de la *Formation de Baby médian*, et le style structural est dominé par le plissement.

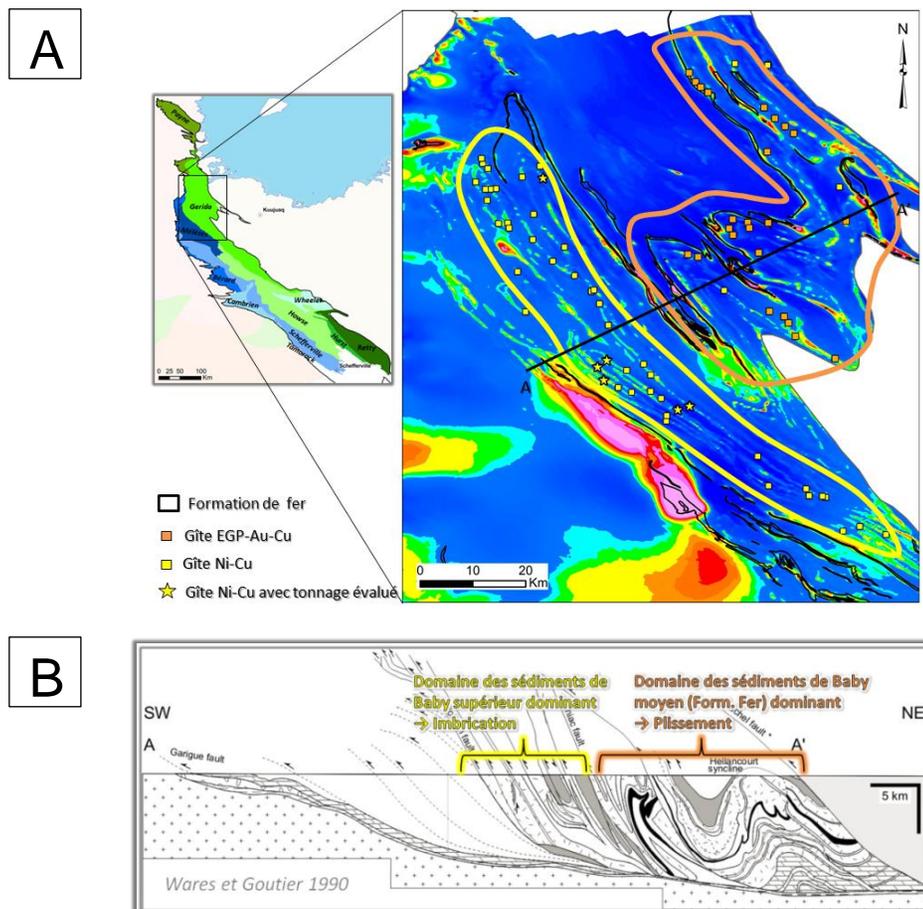


Figure 8: A) Carte aéromagnétique re-haussée du secteur nord de la zone de *Gérido* (modifié de Benhamed et Intissar, 2015). L'enveloppe jaune délimite un domaine dominé par les gîtes de Ni-Cu et l'absence de formations de fer; l'enveloppe orange délimite un domaine dominé par les gîtes d'EGP-Au-Cu et une abondance de formations de fer. B) Coupe structurale A-A' de Wares et Goutier (1990). Deux domaines structuraux : chevauchement à l'ouest, et plissement à l'est. Les formations de fer sont en noir sur la coupe.

La distribution des gîtes d'EGP-Au-Cu et de Ni-Cu semble contrôlée par les deux domaines structuraux et lithologiques (imbrication et shale vs plissement et formation de fer). Les gîtes d'EGP-Au-Cu sont concentrés dans le domaine est et à proximité des formations de fer. Une évaluation quantitative des relations entre gîtes d'EGP-Au-Cu et formations de fer de *Baby médian* est présentée à la Figure 9. Il s'agit d'un calcul de contraste des gîtes d'EGP-Au-Cu selon la distance aux formations de fer. Plus le résultat du calcul de contraste est élevé (et positif), meilleure est la corrélation entre les deux paramètres. Il résulte de cette étude que la présence d'un gîte d'EGP-Au-Cu est plus favorable lorsqu'une formation de fer de la *Formation de Baby médian* se trouve à moins d'un kilomètre.

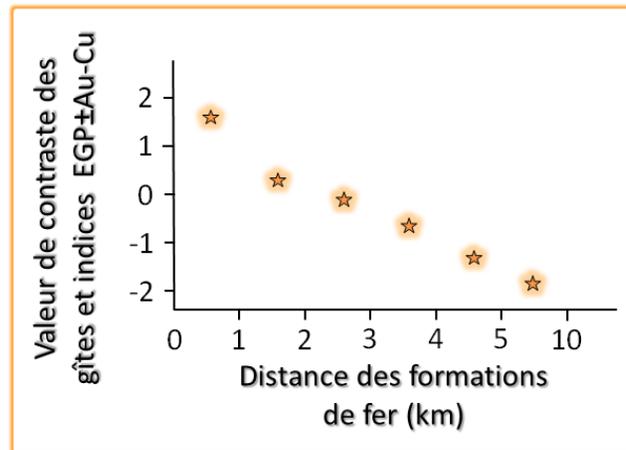


Figure 9: Calcul de contraste des gîtes d'EGP-Au-Cu selon la distance aux formations de fer de la *Formation de Baby médian*. Gîtes d'EGP-Au-Cu d'après SIGÉOM 2015, et formations de fer interprétées d'après Bigot (2016).

Conceptuellement, la concentration des minéralisations en EGP et Ni-Cu requiert une assimilation de matériel riche en soufre dans le magma (cf. Barnes et Lightfoot, 2005), étape nécessaire qui conduit à la saturation en sulfures et à la cristallisation de ces derniers après avoir collectés les EGP, Au, Cu, Ni. Les sédiments sulfurés de la *Formation de Baby*, soit les shales et les formations de fer sont d'excellentes sources de soufre. Ainsi, leur proximité aux gîtes d'EGP-Au-Cu magmatiques-hydrothermaux, et Ni-Cu magmatiques, est conforme aux modèles génétiques.

La Figure 10 présente les filons-couches de la suite de Montagnais (hôtes des gîtes en EGP-Au-Cu), contenus dans un rayon d'un kilomètre de la formation de fer de *Baby médian*, les plus favorables pour contenir des minéralisations en EGP-Au-Cu. Afin de restreindre les zones potentielles dans ces filons favorables, une couche de texture d'intrusion est appliquée. La texture pegmatitique est peu répandue dans les gabbros, mais est caractéristique dans les gîtes d'EGP-Au-Cu (Clark et Wares, 2004). Les travaux de Sauvé et Bergeron (1965) ont permis de distinguer les textures des gabbros dans la zone de *Gérido*, et de mettre en lumière des secteurs à texture pegmatitique hors de gîtes connus. Lorsque ces gabbros pegmatitiques sont contenus à moins d'un kilomètre de la formation de fer de *Baby médian*, il s'agit d'une zone à haute favorabilité.

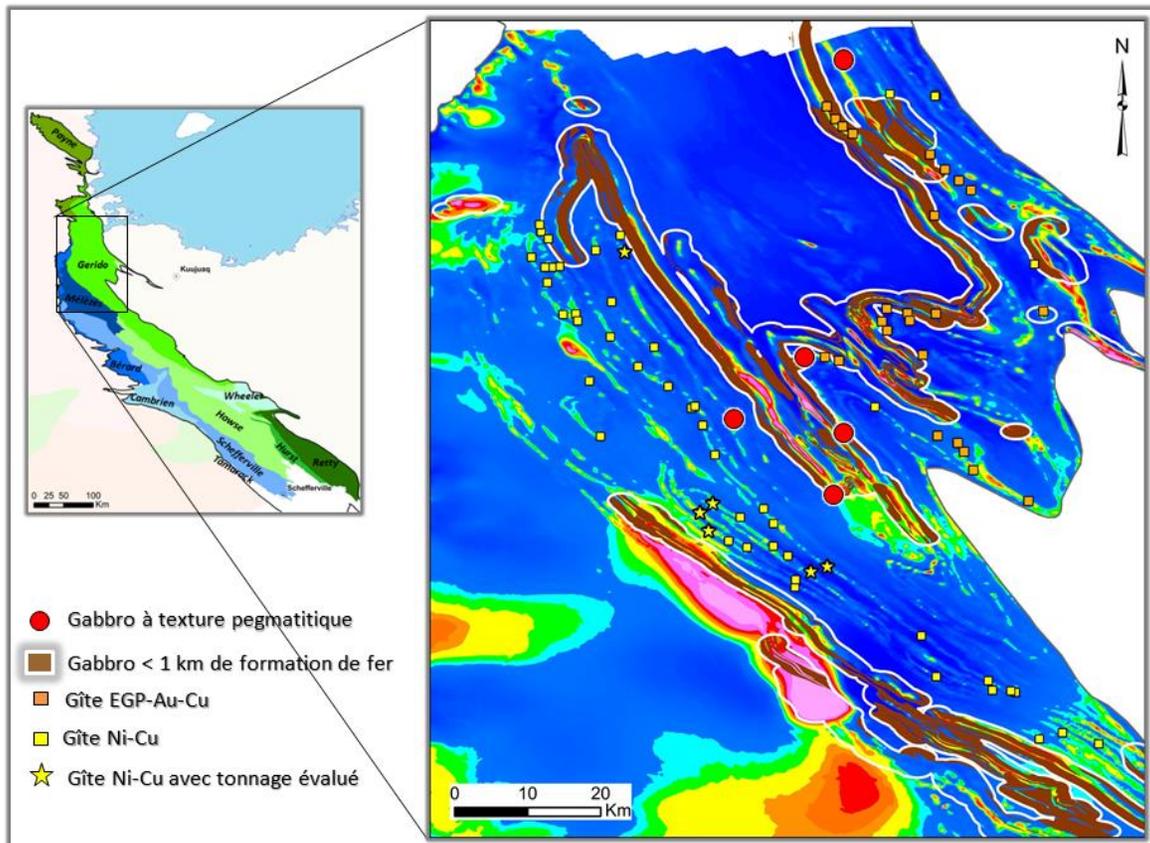


Figure 10 : Zones favorables pour les minéralisations en EGP-Au-Cu d'après la proximité aux formations de fer, et en considérant des éléments texturaux, sur un fond de carte aéromagnétique du secteur nord de la zone de *Gêrido* (modifié de Benhamed et Intissar, 2015). À noter que seuls les gabbros à texture pegmatitique hors de gîtes connus sont indiqués sur la figure.

3.2 Approche géophysique

Les filons-couches de gabbro et de péridotite de la suite de Montagnais sont généralement bien distingués sur les levés aéromagnétiques, ce qui traduit une abondance de minéraux ayant une susceptibilité magnétique élevée telle que la magnétite et autres minéraux ferrières.

Le postulat qui sera évalué est que la présence de poches de sulfures dans ces gabbros magnétiques pourrait se traduire par des variations du signal magnétique. La première approche géophysique proposée est alors une évaluation en section longitudinale, dans les filons-couches, du signal aéromagnétique et du contenu en métal dans la roche, en contexte de minéralisation en EGP-Au-Cu. Le paramètre « contenu métal » résulte d'une somme des éléments platine, palladium, or, cuivre, et nickel, normalisés par leur moyenne dans chaque gîte d'étude. La Figure 11 présente les variations du signal magnétique et du contenu métal en profil longitudinal dans les gabbros de la suite de Montagnais, dans les gîtes *Idefix* et *Lac Lafortune*. La relation entre le contenu métal et le signal magnétique est anti-corrélé, ce qui est inusité, et pourrait représenter une dilution de la magnétite dans le gabbro au profit des sulfures.

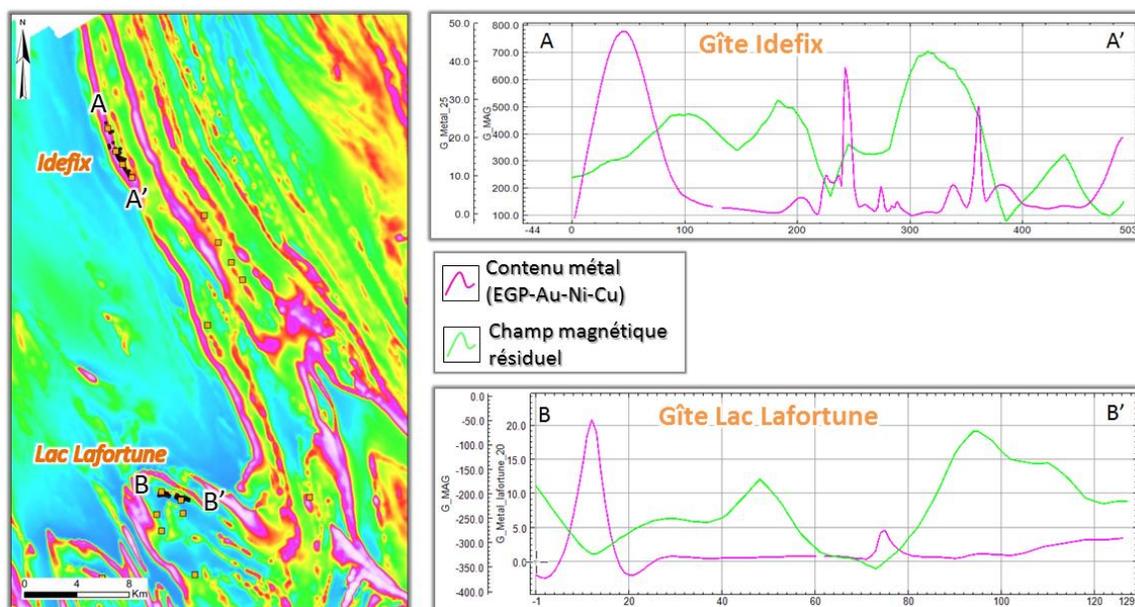


Figure 11: Carte du champ magnétique résiduel à gauche avec la position des cas étudiés, secteur de *Gêrido*. À droite, profils en section longitudinale dans les gabbros de Montagnais, en contexte de minéralisations en EGP-Au-Cu dans les gîtes *Idefix* et *Lac Lafortune*.

Un résultat similaire est observé dans le cas du gîte *Paladin* (Figure 12). Les hauts contenus en métaux sont corrélés aux creux du signal magnétique. Cette approche d'évaluation en profil longitudinal est tout à fait novatrice et mériterait d'être plus investiguée dans la Fosse du Labrador. Il pourrait s'agir d'un nouveau guide d'exploration à l'échelle locale permettant de cibler directement des zones potentiellement riches en EGP-Au-Cu.

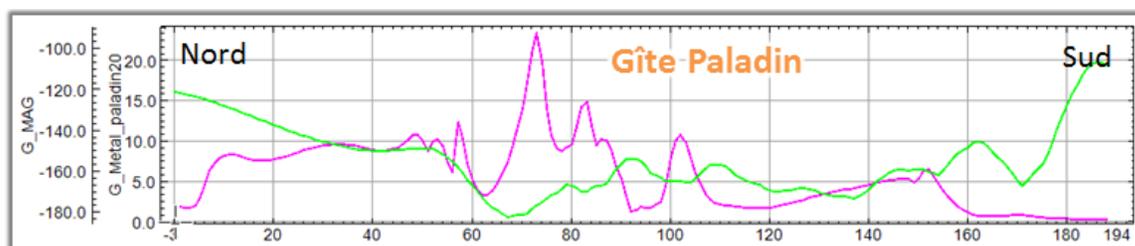


Figure 12: Profil en section longitudinale dans le gabbro de Montagnais au niveau du gîte *Paladin* (EGP-Au-Cu).

La première approche est qualitative, et repose sur les variations du signal pour cibler les zones favorables. La seconde approche est quantitative, et repose sur une approche statistique pour cibler les zones favorables. Pour ce second cas, certaines classes de valeurs géophysiques définissent des zones spatialement corrélées aux gîtes d'EGP-Au-Cu. Ces classes ont été évaluées à partir des gîtes d'EGP-Au-Cu de référence (28 au total, cf. Figure 3) dans les levés de champ total résiduel et de gradients verticaux et horizontaux. Ainsi, il est possible de définir statistiquement, et spatialement, des environnements favorables pour contenir des minéralisations en EGP-Au-Cu.

La méthode des calculs de contraste a permis de distinguer les classes de 0,6 à 0,8 nT/m et de 1 à 2 nT/m, respectivement de gradient horizontal et de gradient vertical, comme étant les plus favorables (Tableau 1). Plus le contraste est élevé, meilleure est la corrélation entre la classe de valeur et les gîtes d'EGP-Au-Cu. Les valeurs de champ total résiduel et de tilt dérivatives sont aussi positives, mais moins bonnes. En combinant par logique floue (cf. Bigot, 2015) les meilleures couches, soit les deux gradients, il est possible d'identifier des cibles indirectes pour les gîtes d'EGP-Au-Cu. La Figure 13 présente cette combinaison de couches pour la partie nord de la zone de Gérído, réalisé avec l'opérateur ou les zones de plus fortes valeurs de logique floue, soit proche de 1, sont les zones les plus favorables.

Tableau 1 : Corrélation positive entre les gîtes d'EGP-Au-Cu et certaines classes de valeur des levés géophysiques.

Couche géophysique	Classe favorable pour les gîtes EGP	Valeur de contraste
Gradient Vertical (nT/m)	1 à 2	1.5
Gradient Horizontal (nT/m)	0.6 à 0.8	1.54
Tilt Derivative (radian)	0.5 à 1	1.36
Champ total résiduel (nT)	250 à 500	1.22

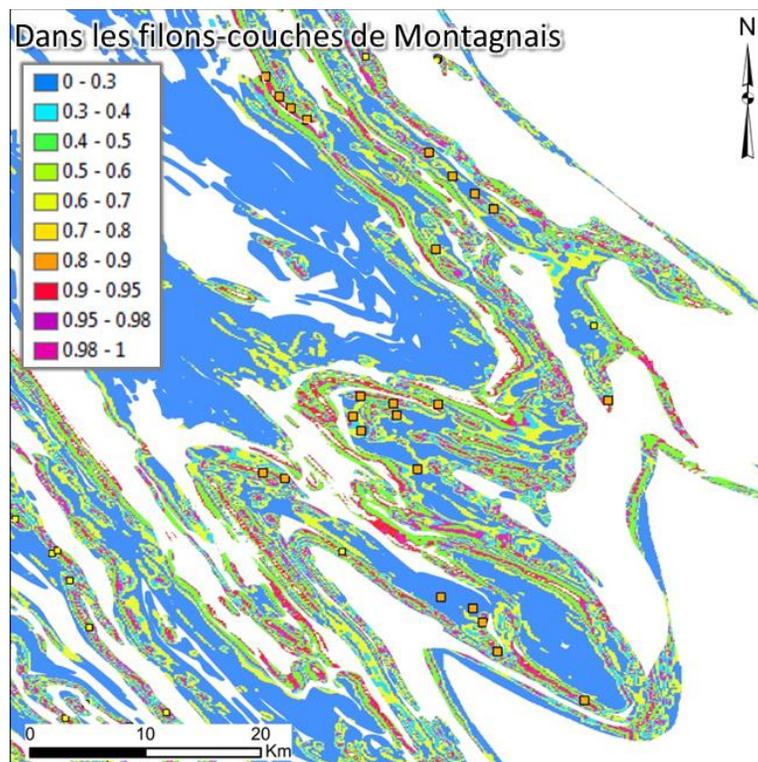


Figure 13: Carte de logique floue résultant d'une combinaison des couches de gradient vertical et horizontal par l'opérateur « ou ». Les zones ayant des valeurs de logique floue proches de 1, en mauve, sont les plus favorables. Les carrés orange sont les gîtes d'EGP-Au-Cu ayant servi de référence pour le calcul de contraste.

3.3 Approche géochimique

La Fosse du Labrador est une entité distincte dans la Province géologique de Churchill, mais aussi un environnement géologique hétérogène à l'interne, tel que mis en avant par les zones lithotectoniques identifiées par Clark et Wares (2004). L'évaluation du caractère de différenciation des roches ignées, avec le « *Mg number* » ($(100\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO}))$), en contexte de gîtes d'EGP et de Ni-Cu, a fait ressortir deux familles dans la Fosse (Figure 14). Le secteur de Payne est chimiquement différent du reste de la Fosse du Labrador ; il est plus primitif, et est comparable aux roches de la *ceinture de Cape-Smith* (hôte du gisement de Raglan) et de la *ceinture de Thompson*. La comparaison est valable en prenant d'autres paramètres géochimiques, les ratios d'éléments (Figure 15), mais aussi le style de minéralisation en Ni-Cu (cf. *gîte Qarqasiak*, Clark et Wares, 2004). Ces arguments laissent à penser que ce secteur aurait pu à l'origine être rattaché à la *ceinture de Cape-Smith*, et qu'il aurait par la suite été transporté vers le sud. Les roches magmatiques de la Fosse, sans la zone *Payne*, ont une signature plus différenciée, marquée par un « *Mg number* » plus faible (Figure 14), et présentent un caractère fertile à enrichie en EGP avec certaines signatures de roches magmatiques proches de celles dans le gisement de lac des Isles (Figure 15). De façon générale, la *zone Payne* présente un potentiel en Ni-Cu supérieur au reste de la Fosse ; le reste de Fosse présente un potentiel supérieur en EGP.

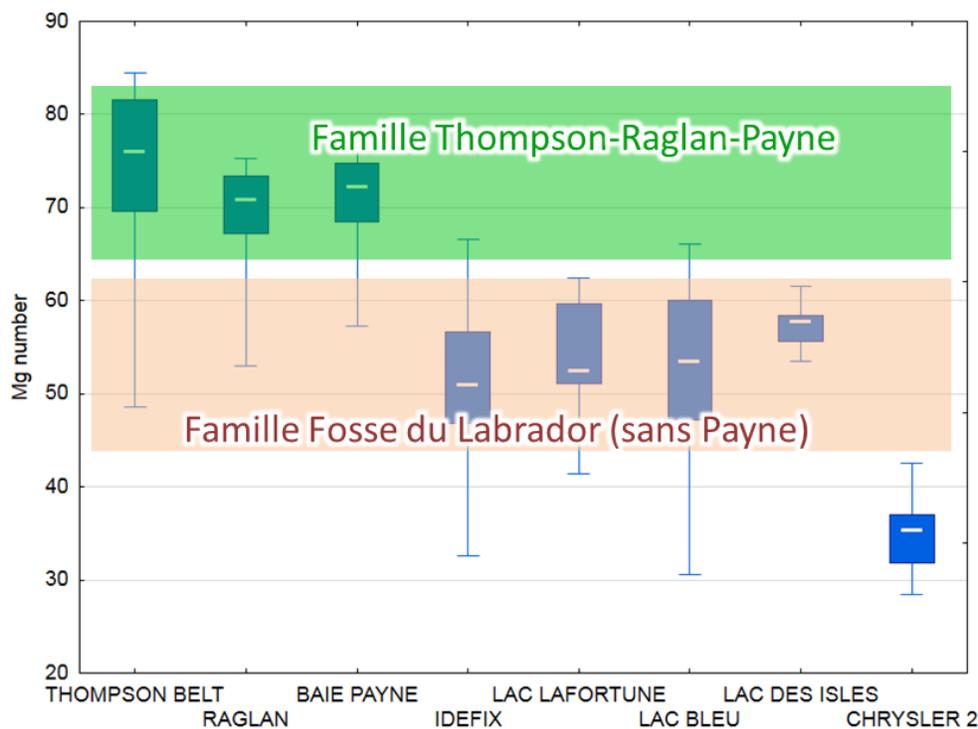


Figure 14: Diagramme boîtes à moustaches du « *Mg number* » ($(100\text{MgO}/(\text{MgO} + \text{FeO}))$) dans les roches magmatiques hôtes de gîtes de Ni-Cu et EGP-Au-Cu au sein des ceintures paléoprotérozoïques associées à l'orogène Trans-Hudsonien.

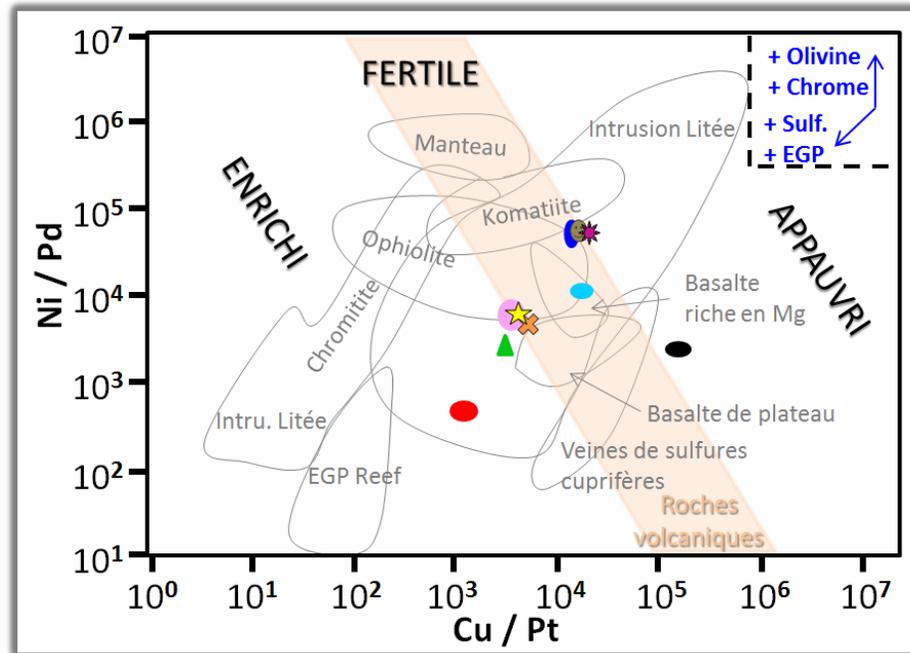


Figure 15: Diagramme de ratio d'éléments Ni/Pd versus Cu/Pt (modifié d'après Barnes et al., 1988) avec des gîtes de Ni-Cu et d'EGP-Au-Cu de la Fosse du Labrador et dans les ceintures de Cape-Smith et Thompson. La position des points de gîtes représente la médiane des valeurs pour chaque gîte.

L'approche géochimique proposée dans ce volet a pour objectif de mettre en valeur des roches magmatiques, hors de gîtes connus, présentant des signatures de magmas proches de celles dans des gîtes d'EGP-Au-Cu dans la Fosse.

Dans le diagramme binaire Ni/Pd vs Cu/Pt (Barnes et al., 1988), le champ des gîtes/gisements d'EGP correspond aux valeurs de Ni/Pd et Cu/Pt inférieures à 10 000 (Figure 16A). Les faibles valeurs en EGP pourraient biaiser les résultats dans le diagramme, ainsi seuls les échantillons de filons-couches de gabbro dont la somme des EGP est supérieure à 0,15 ppm sont considérés dans le traitement. De plus, les échantillons à moins de 500 m d'un gîte ne sont pas considérés. Au total, 42 échantillons de roche ont une signature de magma riche en EGP. Ces échantillons sont surtout localisés dans la zone de Gérido (Figure 16B).

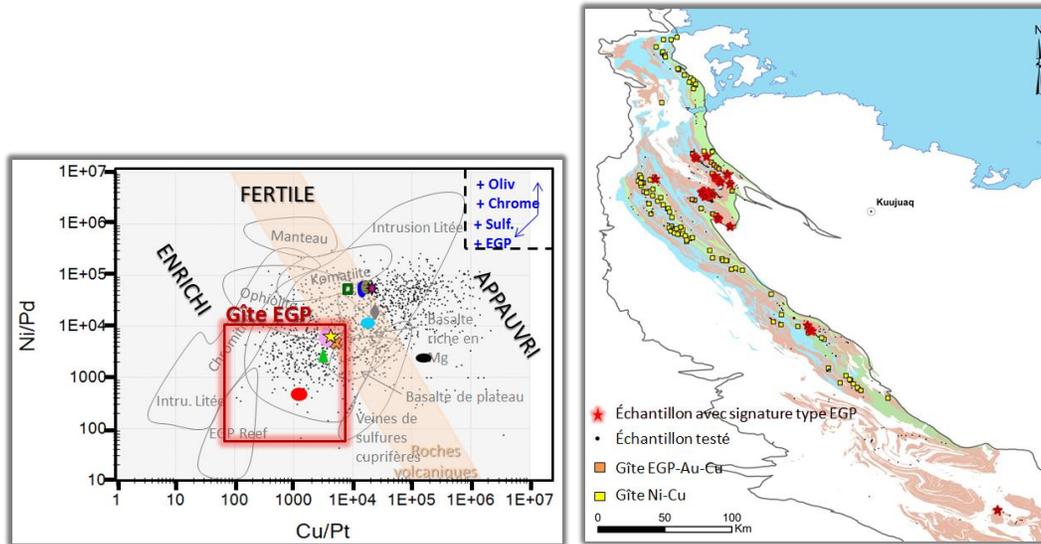


Figure 16:A) Échantillons de gabbro régional de Montagnais (point noir) dans le diagramme de Barnes et al. (1988), par rapport aux gîtes et gisements d'EGP-Au-Cu. B) Projection spatiale des données du diagramme (A).

Le diagramme ratio-arachnide EGP (Pearson, 2007) est une intégration graphique des diagrammes de ratio d'éléments de Barnes et al. (1988). Le profil ratio-arachnide EGP est normalisé au manteau primitif. Le patron en crochet (pour le ratio Ni/Pd) est un élément caractéristique des magmas fertiles (Pearson, 2007). La Figure 17 présente les profils des gabbros régionaux et ceux des gabbros hôtes des gîtes *Idefix* et *Paladin*. L'ajout de ratios d'éléments (e.g., Pd/S, Pd/Pt), par rapport au diagramme Ni/Pd vs Cu/Pt, et le fait de ne prendre en référence que les gîtes *Idefix* et *Paladin*, réduit le nombre d'échantillons favorables. Ces échantillons favorables sont essentiellement dans les extensions des gîtes *Idefix* et *Paladin* (Figure 18). Cependant, deux échantillons de gabbro hors des extensions des deux gîtes ont les bonnes signatures, l'un au sud-est du gîte *Idefix*, l'autre dans la partie sud de la zone de *Gérido* (Figure 18).

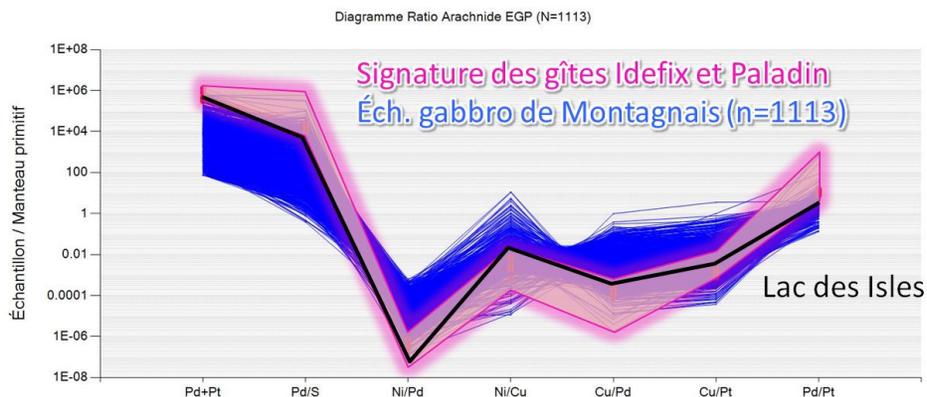


Figure 17: Profils ratio-arachnides EGP (Pearson, 2007). En bleu, les échantillons de gabbro régional du Montagnais ; en rose, l'enveloppe des patrons ratio-arachnides EGP des gabbros hôtes des gîtes *Idefix* et *Paladin*. Le profil du gisement de lac des Isles en noir est indiqué comme référence.

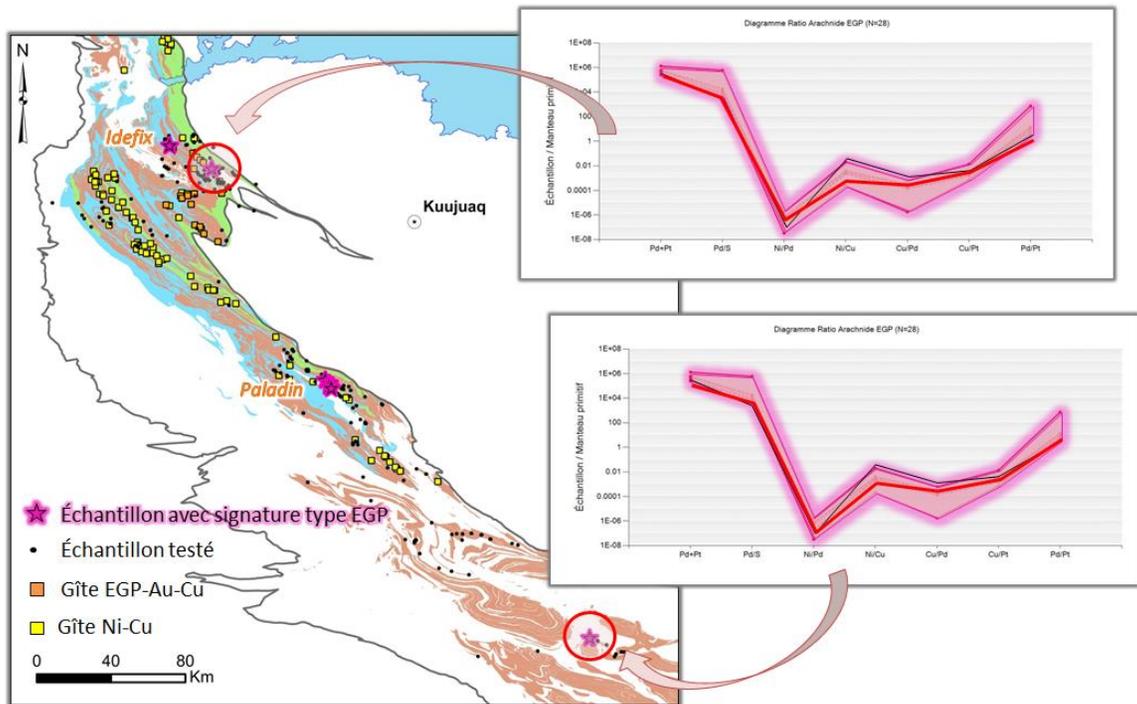


Figure 18: Projection spatiale des échantillons de gabbro ayant une signature ratio-arachnide EGP favorable (en mauve). Ces échantillons sont dans les extensions des gîtes *Idefix* et *Paladin*, et aussi au sud-est du premier, et au sud de la zone *Gérido*. Les profils de ces deux cas sont présentés dans la partie droite de l'image (profil en rouge).

Les spectres multiéléments des terres rares (REE) et des éléments incompatibles (HFSE), normalisés au manteau primitif, pour les gabbros de Montagnais sont présentés à la Figure 19. Les gabbros hôtes des gîtes *Idefix* et *Paladin*, mais pas nécessairement minéralisés, sont pris comme références. Les anomalies marquées en Nb et en Ti dans les gîtes d'EGP suggèrent qu'il y a eu contamination des magmas.

Certains des gabbros régionaux, hors des gîtes connus, ont des profils très similaires à ceux des gîtes *Paladin* et *Idefix*. Ces gabbros se trouvent en majorité dans la partie nord de la zone de *Gérido* (Figure 20).

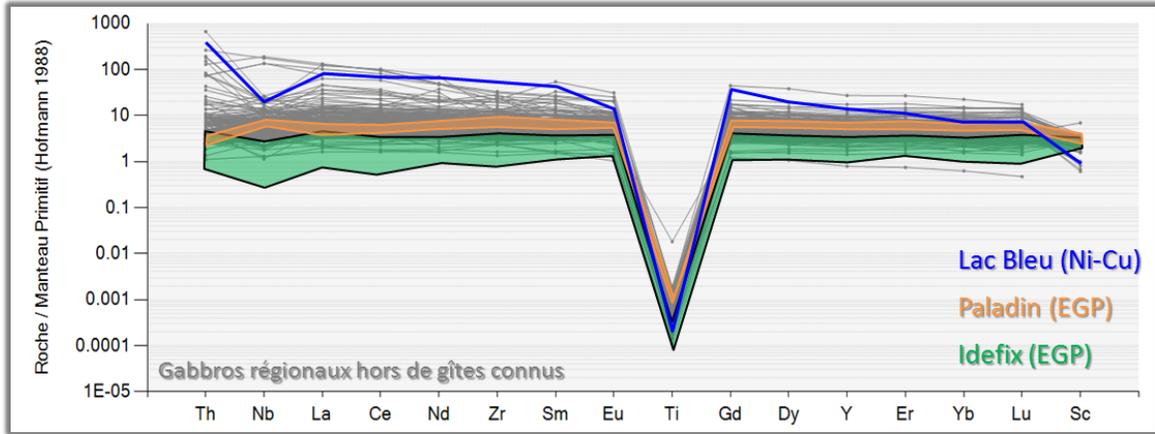


Figure 19: Spectres des terres rares (REE) et des éléments incompatibles (HFSE) normalisés au manteau primitif (Hofmann, 1988) pour les gabbros dans les gîtes *Idefix* et *Paladin*, et les gabbros régionaux hors de gîtes connus en gris (lithogéochimie d'après Vaillancourt et al., 2013, et SIGÉOM 2015). Les profils des roches mafiques à ultramafiques contenant le gîte de lac Bleu sont aussi présentés.

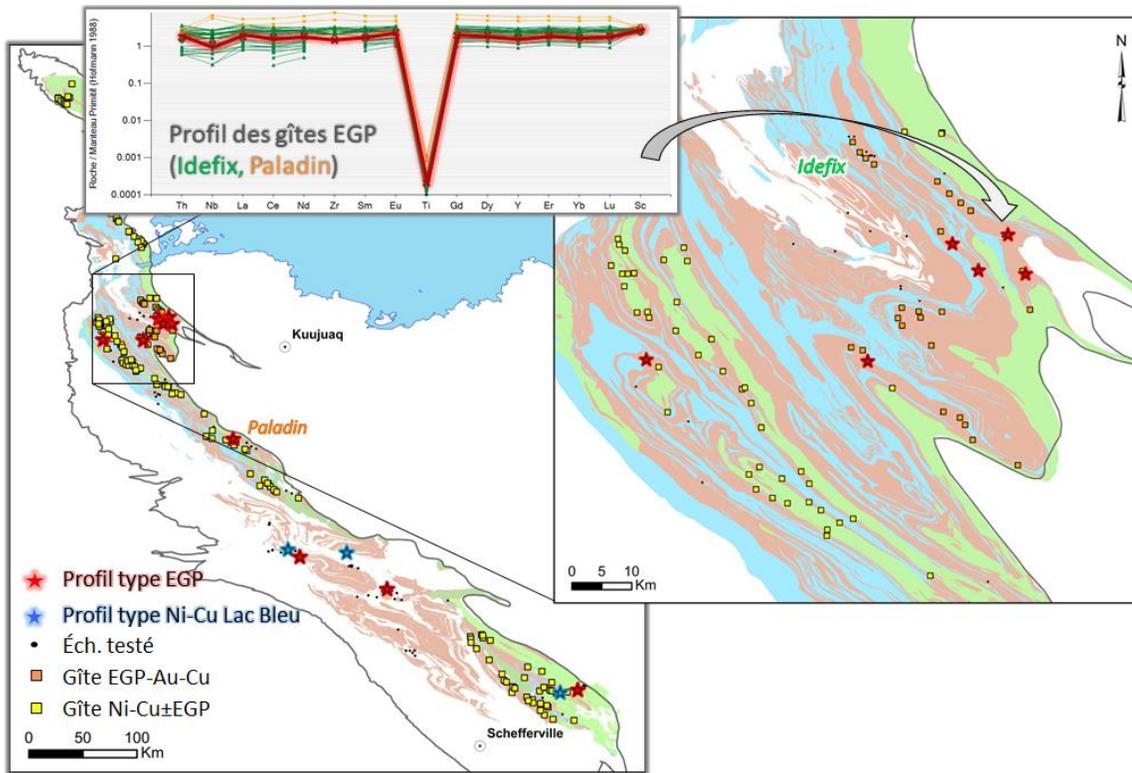


Figure 20: Projection spatiale des échantillons testés dans le diagramme multiéléments REE-HFSE. En rouge sont les échantillons de gabbro ayant un profil similaire aux gîtes *Idefix* et/ou *Paladin*; en bleu ceux ayant un profil comparable à celui du gîte de Ni-Cu lac Bleu.

Bien que sensiblement différents par les profils multiéléments (Figure 20), les gabbros de *Idefix* et de *Paladin* ont néanmoins des éléments en commun. L'association métallique est très similaire, comme en témoigne les analyses en composantes principales sur les gabbros dans les deux gîtes (Figure 21 A et B). Les éléments positivement corrélés sont Pd-Pt-Au-Cu-Ni-S±Ag. Il s'agit de la signature métallique des zones minéralisées.

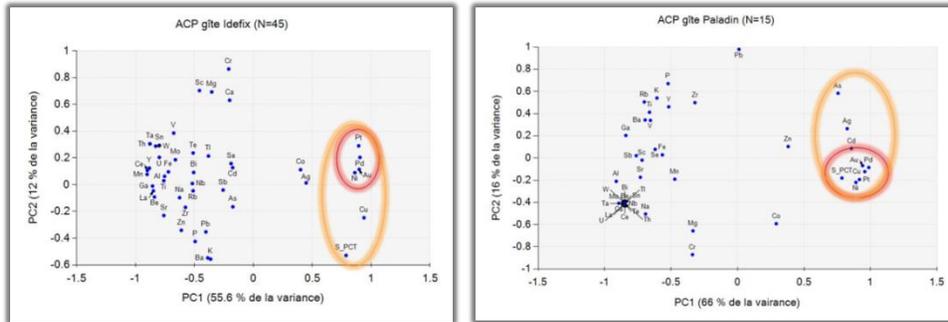


Figure 21:A) Analyse en composantes principales pour les gabbros du gîte *Idefix*. B) Analyse en composantes principales pour les gabbros du gîte *Paladin*. Les données, d'après Vaillancourt et al. (2013) et SIGÉOM 2015, ont été transformées en log-centré.

Une des avenues pour reconnaître spatialement des zones anormales en ces éléments est l'utilisation des données de sédiments de fond de lac. Les éléments Pd et Pt sont trop sporadiques pour être utilisés. L'or est efficacement tracé dans les sédiments de fond de lac par l'arsenic et l'antimoine, pas par lui-même, et le cuivre et le nickel se tracent bien par eux-mêmes (Rafini, 2015). La Figure 22 présente des anomalies concomitantes de sédiments de fond de lac en cuivre, nickel, arsenic, et antimoine. Les données ont été traitées au préalable par régression spatiale (cf. Trépanier, 2006) afin de réduire le biais dû à la profondeur des lacs et au contenu en matière organique. Ensuite, pour chaque échantillon de sédiments de fond de lac, les centiles résiduels de chacun des éléments sont additionnés. Il en résulte une carte des anomalies, par les centiles, pour la suite d'élément Au-Cu-Ni (Figure 22). La plus importante distribution d'anomalies dans la moitié sud de la *zone de Gériido* pourrait résulter de la présence de minéralisations variées en or, cuivre et nickel (e.g., filons à cuivre et or).

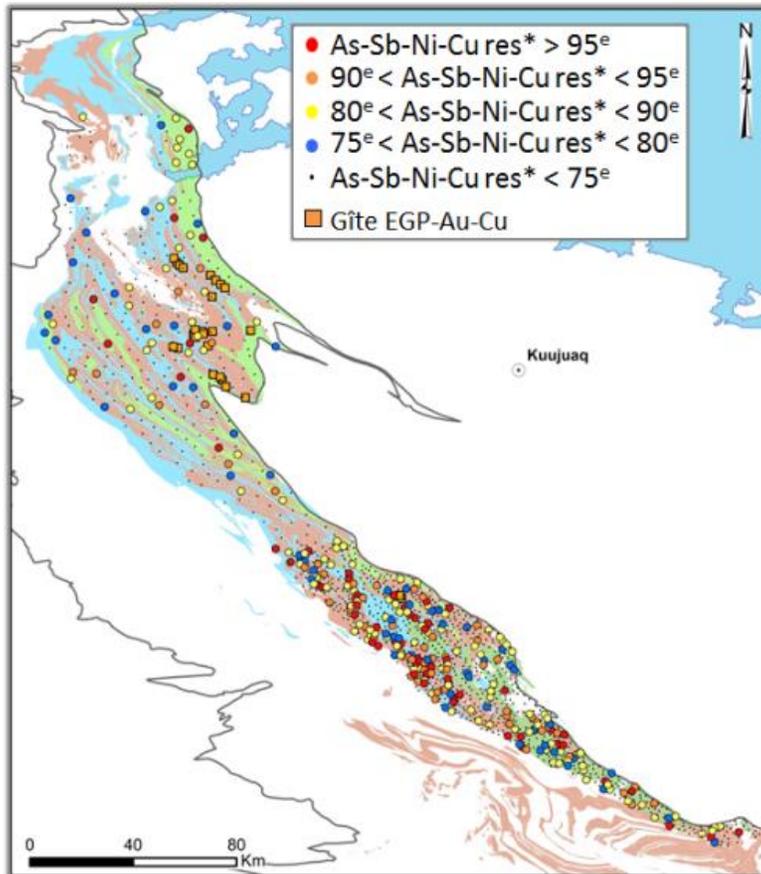


Figure 22: Anomalies concomitantes en As-Sb-Ni-Cu dans les sédiments de fond de lac dans la zone de Gêrido (données d'après SIGÉOM 2015).

Le 80^e percentile indique le seuil au-delà duquel il s'agit d'anomalies significatives. La Figure 23 présente un calcul de contraste des gîtes d'EGP-Au-Cu selon la distance aux anomalies (à partir du 80^e centile). La conclusion est que les anomalies concomitantes As-Sb-Ni-Cu, pour la suite d'élément or, cuivre, et nickel, sont positivement corrélées aux gîtes d'EGP-Au-Cu jusqu'à une distance de 5 km. Au-delà de cette distance, l'anomalie n'est plus significative.

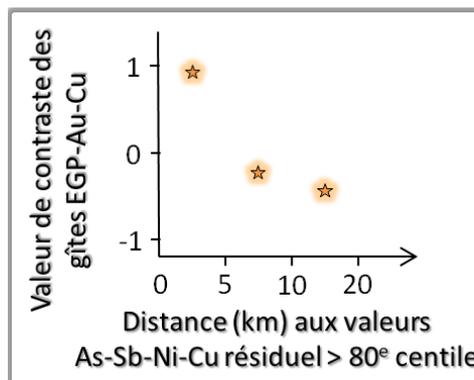


Figure 23: Calcul de contraste des gîtes d'EGP-Au-Cu selon la distance aux anomalies concomitantes en As-Sb-Ni-Cu dans les sédiments de fond de lac.

3.4 Synthèse des zones favorables pour les minéralisations en EGP-Au-Cu

L'approche pluridisciplinaire de ce projet a permis de générer plusieurs stratégies pour explorer les minéralisations en EGP-Au-Cu. En recoupant ensemble toutes les zones favorables générées (cf. chapitre 3.1, 3.2, 3.3), il apparaît que la moitié nord de la zone de *Gérido* est le secteur le plus favorable pour l'exploration des minéralisations en EGP-Au-Cu (Figure 24). À noter que la quantité de données lithogéochimiques y est aussi plus importante.

Dans ce secteur, la combinaison des zones favorables générées par les trois approches suggère qu'il y a une continuité des zones d'intérêt dans les extensions des gîtes connus, au sein des filons-couches de gabbro. Sept zones ont une priorité élevée pour l'exploration (Figure 24). Ces zones sont définies par le recoupement des guides lithologiques, tels que la présence de filons-couches et la proximité de la formation de fer de *Baby médian*, les guides géophysiques, tels que des zones de gradient vertical entre 1 et 2 nT/m, et les guides géochimiques, tels que des gabbros avec des signatures en métaux et en éléments traces similaires aux gîtes connus (e.g. *Idefix*, *Paladin*, *Lac Lafortune*).

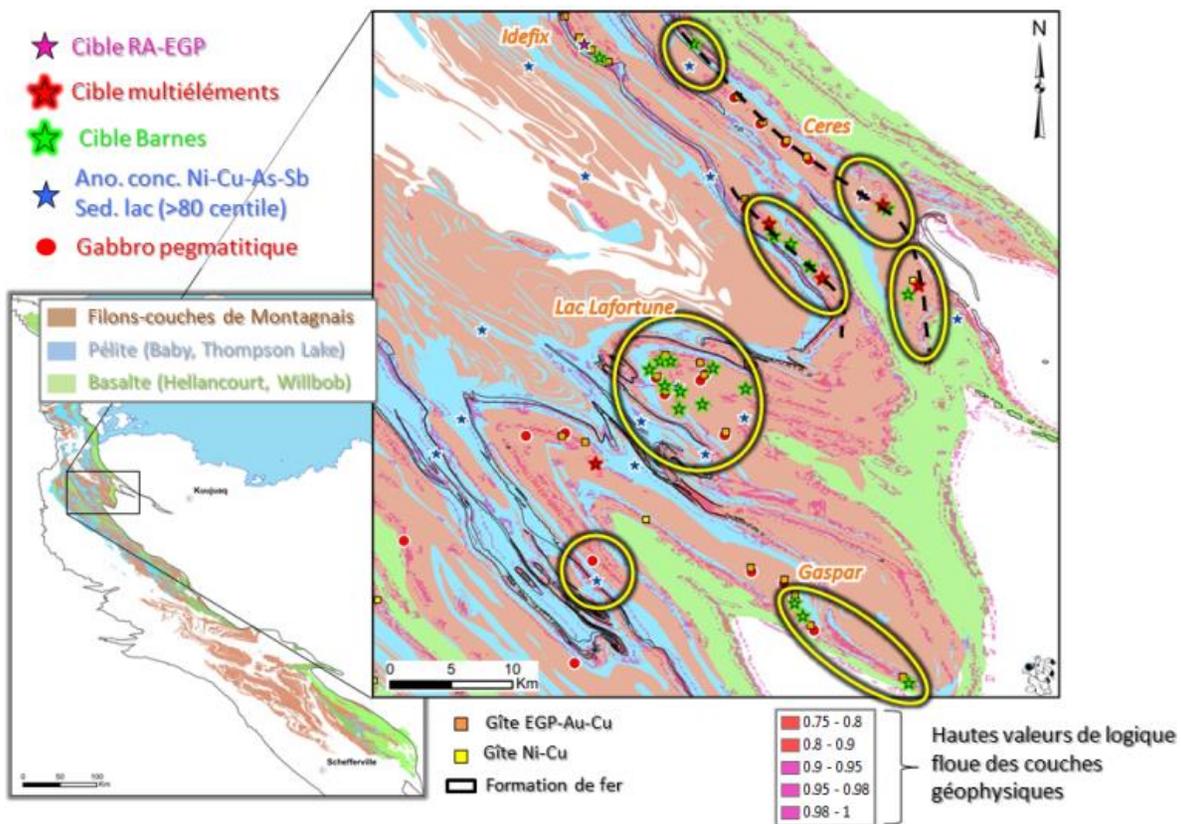


Figure 24 : Synthèse des zones favorables pour les minéralisations en EGP-Au-Cu dans la partie nord de la zone de *Gérido*.

Les extensions nord et sud du gîte *Paladin* semblent aussi prospectives (Figure 25). En plus d'une proximité de la formation de fer de *Baby médian*, les gabbros présentent un caractère enrichi en EGP et une signature similaire aux gîtes d'EGP connus.

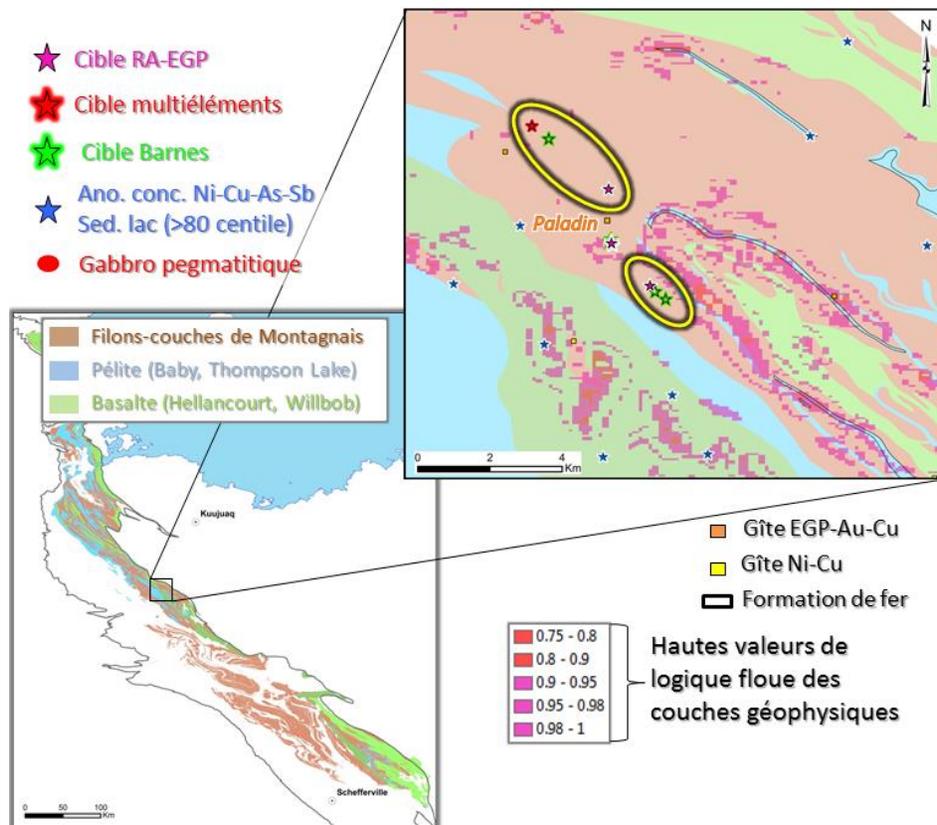


Figure 25 : Synthèse des zones favorables dans le secteur de *Paladin*.

4 CONCLUSIONS

Les minéralisations en EGP-Au-Cu sont contenues dans les filons-couches mafiques à ultramafiques de la suite de Montagnais. Elles partagent des caractéristiques communes avec les minéralisations en Ni-Cu, notamment les lithologies hôtes au contact entre les sédiments pélitiques et les basaltes du cycle 2. Cependant, les minéralisations en EGP-Au-Cu se distinguent des minéralisations en Ni-Cu sur plusieurs aspects : leur style disséminé en pyrrhotite-chalcopryrite, versus massif en pyrrhotite-pentlandite ; leur texture pegmatitique dominante, versus glomérophyrique à aphyrique ; leur position dans les parties supérieures des filons-couches, versus à la base des filons-couches ; et leur modèle gîtologique hybride magmatique/hydrothermal, versus orthomagmatique.

Les stratégies d'exploration pour les minéralisations en EGP-Au-Cu ont été évaluées par une approche pluridisciplinaire, en considérant des éléments géologiques, géophysiques, et géochimiques. La partie nord de la zone lithotectonique de *Gérido* est le secteur le plus favorable pour contenir des minéralisations en EGP-Au-Cu. Dans cette zone, la présence de gabbros pegmatitiques à moins d'un kilomètre de la formation de fer de la *Formation de Baby médian* est un guide qui permet de vectoriser l'exploration. Pour une exploration régionale, du fait que la signature géophysique associée aux minéralisations en EGP-Au-Cu soit distincte, certaines classes de valeurs géophysiques, de 0,6 à 0,8 nT/m et de 1 à 2 nT/m, respectivement de gradient horizontal et de gradient vertical, définissent des environnements plus favorables à contenir des minéralisations en EGP-Au-Cu. Pour une exploration locale, la stratégie de chercher qualitativement des creux magnétiques, ponctuels, dans les gabbros en profil longitudinal s'avère un guide efficace pour les minéralisations en EGP-Au-Cu. Ce creux illustre la dilution de la magnétite au profit des sulfures dans les gabbros minéralisés en EGP-Au-Cu. Avec des données géochimiques, la stratégie adoptée a été de confronter les signatures lithogéochimiques de gabbros non minéralisés, provenant d'une banque de données régionales, avec celles de gabbros contenant des minéralisations en EGP-Au-Cu. Cela a permis d'identifier des gabbros à caractère fertile à enrichi en EGP, et donc pouvant potentiellement contenir des minéralisations en EGP-Au-Cu.

Les différentes stratégies d'exploration ont abouti à la mise en évidence de secteurs favorables. Ces secteurs sont reconnus dans la *zone lithotectonique de Gérido*. Ils se trouvent dans les extensions de gîtes connus, notamment *Lac Lafortune*, *Ceres*, et *Paladin*, mais aussi localement isolés. L'évaluation du potentiel minéral pour les minéralisations en EGP-Au-Cu dans la Fosse du Labrador est positive, ouvrant la voie pour une mise en valeur des gîtes connus (*Idefix*, *Paladin*, *Ceres*, *Lac Lafortune*) et pour la découverte de nouvelles minéralisations.

5 REMERCIEMENTS

Un grand merci à Michel Allard (Glencore) pour le partage de ses connaissances sur les traitements géophysiques, ainsi qu'à Jean Goutier (MERN) pour les discussions fructueuses concernant la Fosse du Labrador. Je remercie sincèrement Mario Masson et Robert Banville (Exploration Midland) pour la transmission de leurs connaissances et l'accès à leurs données dans la Fosse du Labrador, et Marie-Line Tremblay (CONSOREM) pour son assistance dans la compilation de données. Siham Benhamed et Guillaume Allard (MERN) sont aussi chaudement remerciés pour leurs éclaircissements sur les traitements de données. À mes collègues du CONSOREM, Réal Daigneault, Stéphane Faure, Silvain Rafini, et Lucie Mathieu, j'adresse de vifs remerciements pour leurs commentaires et suggestions toujours pertinents et constructifs.

6 REFERENCES

- Banville, R., 2015. Report of airborne magnetic, prospecting, channel sampling and diamond drilling on the Pallas properties Ceres, Itowaka, Gaspar and Palladin, season 2013 and 2014. Midland Exploration Inc. Rapport GM68884, 592 p.
- Barnes, S.-J., Boyd, R., Korneliussen, A., Nilsson, L.-P., Often, M., Pedersen, R.B. and Robins, B. 1988. The use of mantle normalization and metal ratios in discriminating between the effects of partial melting, crystal fractionation and sulphide segregation on platinum-group elements, gold, nickel and copper: Examples from Norway. *Dans*: Prichards H.M., Potts, P.J. and Cribb, S.J., eds., Proceedings of the symposium Geo-Platinum 87. Elsevier Applied Science Publishers, Barking, UK, pp. 113-143.
- Bélanger, M., 1982. Région du lac Faujas, Nouveau-Québec. Carte géologique préliminaire, DP 82-06, 1 carte.
- Barnes, S.J., et Lightfoot, P.C., 2005. Formation of magmatic nickel-sulfide ore deposits and processes affecting their copper and platinum-group element content. In: Hedenquist, J.W., Thompson, J.F.H., Goldfarb, R.J., Richards, J.P. (eds.). Economic Geology 100th Anniversary Volume, pp. 179-213.
- Benhamed, S., et Intissar, R., 2015. Levé magnétique et spectrométrie aéroporté dans le secteur de la rivière Arnaud, Côte nord-ouest de la Baie d'Ungava. GeoData Solutions, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec. Rapport DP 2015-08, 8 pages, 10 plans, données numériques.
- Bigot, L., 2015. Ni-Cu-EGP au Québec : Intégration des projets CONSOREM et ciblage. Rapport, projet CONSOREM 2014-07, 83 p.
- Bigot, L., 2016. Contexte des minéralisations aurifères dans les formations de fer. Rapport, projet CONSOREM 2015-02, 69 p.
- Bilodeau, C., et Clark, T., 2014. Fosse du Labrador : État des connaissances et perspectives. Québec Mines 2014, 17 au 20 novembre 2014, Québec, Canada ; http://quebecmines.gouv.qc.ca/2014/documents/resume_conference_2014.pdf
- Bonham-Carter, G.F., 1994. Geographic information systems for geoscientists, modelling with GIS; Ed. Pergamon, Serie editors:DF Merriam, Computer methods in the Geosciences, vol. 13, 397 p.
- Clark, T., 2012. Géologie et gîtes minéraux de l'orogène Trans-Hudsonien au Québec. Document numérique distribué lors d'un cours offert à Québec Mines en novembre 2012, Québec, Canada.
- Clark, T., et D'Amours, I., 2012. Interprétations structurales et métallogéniques dans la Fosse du Labrador à partir des cartes magnétiques et spectrométriques. Ministère des Ressources naturelles du Québec. Rapport RP 2012-02, 12 p.
- Clark, T., Moukhsil, A., et Perreault, S., 2004. Le nickel dans les orogènes de l'Ungava et du Nouveau-Québec. Québec Mines 2004, novembre 2004, Québec, Canada.
- Clark, T., et Wares, R., 2004. Synthèse lithotectonique et métallogénique de l'Orogène du Nouveau-Québec (Fosse du Labrador). Ministère des Ressources naturelles du Québec. Rapport MM 2004-01, 182 p.
- Corrigan, D., Pehrsson, S., Wodicka N., et de Kemp, E., 2009. The Palaeoproterozoic Trans-Hudson Orogen: a prototype of modern accretionary processes. Geological Society, London, Special Publications 2009, 327 : 457-479

D'Amours, I., et Intissar, R., 2012a. Levé magnétique et spectrométrie aéroporté dans le secteur du lac Le Moyne, Province de Churchill. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec. Rapport DP 2011-06, 8 pages, 200 plans, données numériques.

D'Amours, I., et Intissar, R., 2012b. Levé magnétique et spectrométrie aéroporté de la rivière Koksoak, Province de Churchill. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec. Rapport DP 2011-07, 8 pages, 180 plans, données numériques.

D'Amours, I., et Intissar, R., 2013. Levé magnétique et spectrométrie aéroporté dans le secteur du Lac Ramonet, Province de Churchill. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec. Rapport DP 2013-02, 10 pages, 280 plans, données numériques.

Goulet, N., 1986. Étude tectonique et stratigraphique de la partie nord de la Fosse du Labrador, Région de la Baie aux Feuilles et du lac Bérard. Rapport MB 86-27, 22 p.

Goulet, N., 1987. Étude tectonique de la partie nord de la Fosse du Labrador. Rapport préliminaire MB 87-21, 33 p.

Goulet, N., 1995. Étude structurale, stratigraphique et géochronologique de la partie nord de la Fosse du Labrador. Rapport MB 95-36, 35 p.

Goutier, J., et Wares, R., 1991. Géologie du secteur de l'indice aurifère Dessureault, Fosse du Labrador — Rapport intermédiaire. Ministère des Ressources et de l'Énergie du Québec. Rapport MB 91-10, 19 p.

Hammouche, H., Lafrance, I., Simard, M., et Legoux, C., 2011. Géologie du secteur de Kuujuaq. Carte préliminaire CG-24K2011-01.

Hofmann, A.W., 1988. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust. *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 90, num. 3, pp. 297-314.

Intissar, R., Benhamed, S., et Theriault, R., 2015a. Levé magnétique et spectrométrie aéroporté dans le secteur de la rivière Brochant, Côte ouest de la Baie d'Ungava. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec. Rapport DP 2015-01, 8 pages, 210 plans, données numériques.

Intissar, R., Benhamed, S., et Theriault, R., 2015b. Levé magnétique et spectrométrie aéroporté dans le secteur de la rivière Brochant, Côte ouest de la Baie d'Ungava. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec. Rapport DP 2015-02, 8 pages, 210 plans, données numériques.

Lamothe D., 2012. Évaluation du potentiel en minéralisations de sulfures massifs volcanogènes de type pélimitique-mafique pour la Fosse du Labrador. Ministère des Ressources Naturelle du Québec. Rapport EP2012-01, 43 p.

Mathieu, L., 2013. Exploration des gîtes magmatique cuprifères dans la Province de Grenville. Rapport, projet CONSOREM 2012-03, 49 p.

Maurice, C., et Labbé, J.Y., 2009. Réanalyses de sédiments de lac dans la partie nord-est du Québec (Sous-province d'Ashuanipi, orogène du Nouveau-Québec, et Province de Churchill sud-est). Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, rapport PRO 2009-09, 8p.

Pearson, V., 2007. Développement d'un nouvel outil d'exploration pour les EGP : le diagramme Ratio-Arachnide. Rapport, projet CONSOREM 2003-09, 35 p.

Rafini, S., 2015. Évaluation de l'efficacité des différentes techniques de géochimie de l'environnement secondaire. Rapport, projet CONSOREM 2012-04, 36 p.

Rohon, M.L., Vialette, Y., Clark, T., Roger, G., OhnenstetterD., et Vidal, Ph., 1993. Aphebian mafic – ultramafic magmatism in the Labrador Trough (New Quebec): its age and the nature of its mantle source. *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 30, pp. 1582-1593

- Sauvé, P., 1956. La région du lac Fréneuse (moitié ouest), Nouveau-Québec. Rapport préliminaire RP 332, ministère des mines du Québec.
- Sauvé, P., et Bergeron, R., 1965. Régions des lacs Gérardo et Thévenet. Ministère des richesses naturelles du Québec. Rapport RG-104, 124 p.
- Savard, M., 2003. Labrador Trough Project: Summer 2002 Technical Report, Volume 1/2. Virginia Gold Mines. Rapport GM 60181. 273 p.
- Trépanier, S., 2006. Identification de domaines géochimiques à partir des levés régionaux de sédiments de fond de lac — Phase 2. Rapport, projet CONSOREM 2005-06, 74 p.
- Trépanier, S., 2011. Optimisation des données de till pour l'exploration. Rapport du projet CONSOREM 2011-05.
- Vaillancourt, C., Simard, R.L., Bliss, I., Babineau, J., Budulan, G., et Sharman, E., 2013. Report on the Idefix property and reconnaissance in the Northern Labrador Trough – Programs 2011-2012. NorthernShield Resources Inc. Rapport GM67894, 317 p.
- Wardle, R.J., James, D.T., Scott, D.J., et Hall, J., 2002. The southeastern Churchill Province: synthesis of a Paleoproterozoic transpressional orogeny. Canadian Journal of Earth Sciences, 39: 639-663.
- Wares, R., 2001. Assessment report on the 2000 exploration program, Gillet property (PEM 1520), Northern Quebec. Osisko Exploration Ltd. Rapport statutaire GM58735, 49 p.
- Wares, R., et Berger, J., 1987. Synthèse métallogénique des indices de sulfures au nord du 57^e parallèle, Fosse du Labrador. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Rapport MB 87-19, 15 p.
- Wares, R., Berger, J., et St-Seymour, K., 1988. Synthèse métallogénique des indices de sulfures au nord du 57^e parallèle (Étape I), Fosse du Labrador. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Rapport MB 88-05, 186 p.
- Wares, R., et Goutier, J., 1989. Métallogénie des indices de sulfures au nord du 57^e parallèle, Fosse du Labrador. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Rapport MB 89-38, 114 p.
- Wares, R., et Goutier, J., 1990. Synthèse métallogénique des indices de sulfures au nord du 57^e parallèle — Fosse du Labrador. Rapport intérimaire, étape III. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Rapport MB 90-25, 103 p.