Documents complémentaires / Additional files
Licence / License

RG 2017-02

Géologie des dépôts de surface et glacioprospection dans la région de Chibougamau

Mohamed El Amrani



Formation glaciolacustre reposant en discordance sur une formation juxtaglaciaire (esker).

2018

Québec

DOCUMENT PUBLIÉ PAR LA DIRECTION GÉNÉRALE DE GÉOLOGIE QUÉBEC

Direction générale

Robert Giguère

Bureau de la connaissance géoscientifique du Québec

Patrice Roy, géo.

Direction de l'information géologique du Québec

Jean-Yves Labbé

Direction de la promotion et du soutien aux opérations

Andrea Amortégui, géo.

Auteur

Mohamed El Amrani, géo.

Lecture critique

Hugo Dubé-Loubert, géo.

Édition

Joanne Nadeau, ing. et Claude Dion, ing.

Assistance technique

Pierre-Thomas Poulin et Kathleen O'Brien

Graphisme

André Tremblay

Dépôt légal – Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN : 978-2-550-80208-2
© Gouvernement du Québec, 2018

Géologie des dépôts de surface et glacioprospection dans la région de Chibougamau

Mohamed El Amrani[1]

RG 2017-02

Résumé

Ce rapport présente les résultats des travaux de cartographie des dépôts quaternaires réalisés au cours de l'été 2014 dans la région de Chibougamau. La région a été subdivisée en deux secteurs : le secteur nord-ouest qui est à cheval sur les sous-provinces d'Opatica et de l'Abitibi (feuillets SNRC 32J01 et 32J08) et le secteur sud-est localisé à la limite de la Sous-province de l'Abitibi et du Parautochtone de la Province de Grenville (SNRC 32H12 et 32H13).

Ces travaux ont permis d'identifier une suite de six écoulements glaciaires : SE, SSE, S, SSW, SW et WSW. L'écoulement vers le SE est le plus ancien, tandis que l'écoulement vers l'WSW représente le plus récent. Les écoulements SSE et S ont été mis en évidence uniquement dans le secteur sud-est où la topographie semble exercer un contrôle sur les mouvements glaciaires. La chronologie relative de ces mouvements semble indiquer un déplacement progressif de l'ouest vers l'est du centre de dispersion ou de la ligne de partage glaciaire du secteur Labrador-Québec de l'Inlandsis laurentidien.

La couverture sédimentaire quaternaire de la région d'étude semble avoir été mise en place lors de la dernière glaciation wisconsinienne et au cours de l'Holocène. La nature des dépôts glaciaires est caractérisée par des faciès de till de fond et de till de fusion, localement remaniés en surface par les eaux du Lac glaciaire Ojibway.

Les dépôts fluvioglaciaires sont concentrés dans les vallées et regroupent des dépôts juxtaglaciaires et des dépôts d'épandage proglaciaires (subaériens et subaquatiques). Un réseau assez dense d'eskers et de formes fuselées allongées suivant une direction dominante NE-SW marquent le paysage à plusieurs endroits. Le secteur nord-ouest a été libéré des masses de glace au contact des eaux du Lac Ojibway, ce qui semble avoir accéléré le retrait de la marge glaciaire par vêlage. Dans le secteur sud-est, le retrait s'est fait par la fonte du glacier en milieu subaérien. Ce retrait rapide avec des pauses relativement courtes a permis d'édifier quelques moraines mineures ordonnées plus ou moins perpendiculairement aux eskers. La topographie du socle a exercé une grande influence sur le retrait du glacier dans le secteur sud-est.

Quelques dépôts glaciolacustres littoraux et des faciès d'eaux profondes attribués au Lac Ojibway ont été observés par endroits dans le secteur nord-ouest.

Les sédiments postglaciaires sont représentés par des alluvions (anciennes et récentes), des dépôts lacustres, des dépôts éoliens et des dépôts de versant, notamment des éboulis. Le drainage perturbé de certains secteurs a favorisé le développent de larges tourbières.

Au total, 79 analyses géochimiques de la fraction fine du till et 116 analyses de minéraux indicateurs du till et de sédiments d'eskers ont été réalisées. Les résultats indiquent que la région cartographiée renferme des indices de minéralisation en Cu, Au, Fe-Ti et un potentiel diamantifère faible.

1 - Géologie Québec (MERN)

Table des matières

Résumé 1

INTRODUCTION 3
Description et objectifs du projet 3
Localisation et cadre physique 3
Méthode de travail 3
Cartographie 3
Échantillonnage et traitement des sédiments 3
Travaux antérieurs 5
Remerciements 5

CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL ET POTENTIEL MINÉRAL 5
Géologie du substratum rocheux 5
Potentiel minéral de la région 7

RÉSULTATS 7
Dépôts quaternaires et dynamique glaciaire associée 7
Dépôts glaciaires 7
Dépôts fluvioglaciaires 7
Dépôts glaciolacustres 9
Dépôts postglaciaires 9
Directions et phases d'écoulements glaciaires 9
Déglaciation de la région 11
Dispersion glaciaire des erratiques 11
Composition des sédiments et cibles potentielles pour l'exploration minérale 14
Potentiel pour les minéralisations en cuivre 14
Potentiel pour les minéralisations en or 14
Potentiel pour les minéralisations en fer-titane 14
Potentiel pour les minéralisations en terres rares 14
Potentiel en diamant 19

CONCLUSION 19

RÉFÉRENCES 22

INTRODUCTION

Description et objectifs du projet

Ce projet de levé du Quaternaire s'inscrit dans le cadre d'un programme d'acquisition de connaissances géoscientifiques et de mise en valeur du potentiel minéral dans le Moyen Nord du Québec et poursuit plusieurs objectifs :

1. fournir un aperçu géomorphologique, lithostratigraphique et sédimentologique de la couverture quaternaire de la région;
2. déterminer les principales phases d'écoulement glaciaire et la chronologie relative de cette séquence;
3. évaluer le potentiel minéral de la région par la prospection glacio-sédimentaire et la caractérisation de la dispersion glaciaire en vue d'identifier des secteurs d'intérêt.

Ce rapport présente les résultats d'un levé des dépôts quaternaires et d'un levé géochimique régional réalisés au cours de l'été 2014 au nord et à l'est de la ville de Chibougamau. Afin de simplifier la présentation des résultats, la zone à l'étude a été subdivisée en deux secteurs : le secteur nord-ouest couvre les feuillets SNRC 32J01 et 32J08 et le secteur sud-est, les feuillets 32H12 et 32H13.

Localisation et cadre physique

La région cartographiée s'étend sur 3985 km^2, entre les latitudes 49° 30′ N, 50° 30′ N et les longitudes 73° 30′ W, 74° 30′ W et couvre les feuillets SNRC 32H12, 32H13, 32J01 et 32J08 (figure 1). Elle se présente comme une pénéplaine au relief émoussé dépassant rarement 600 m d'altitude parsemée de tourbières notamment dans le secteur nord-ouest.

Le territoire chevauche trois bassins versants (figure 1). Le secteur nord-ouest se draine dans la baie d'Hudson, via le lac Mistassini et le cours supérieur de la rivière Waswanipi. Le secteur sud-est se draine en grande partie vers le fleuve Saint Laurent, via le lac Saint-Jean, et comprend les affluents des rivières Boisvert et du Chef.

La région est accessible par la ville de Chibougamau via la route 167 et la Route du Nord (figure 1). Le secteur sud-est est bien desservi par un réseau assez dense de chemins forestiers, tandis que le grand nombre de zones mal drainées, combiné à la densité faible du réseau de chemins forestiers ont limité l'accès à certaines parties du secteur nord-ouest.

Méthode de travail

Cartographie

Préalablement à la campagne de terrain 2014, une compilation des données existantes et une photo-interprétation du secteur à partir des photos aériennes numériques à l'échelle 1/15 000 ont été effectuées afin de produire des cartes préliminaires. Ces cartes présentent les zones d'échantillonnage potentielles et constituent un outil indispensable à la planification de la campagne de terrain.

Les travaux de terrain ont été réalisés au cours de l'été 2014 par une équipe de deux géologues principalement le long des chemins forestiers carrossables. Les observations de nature géomorphologique, lithostratigraphique et sédimentologique ont été relevées systématiquement dans le formulaire de la géofiche quaternaire pour chaque site visité. Cette information est disponible dans la base de données du SIGÉOM à partir de la page Web « Produits et services en ligne – Mines » du MERN, à l'adresse suivante : http://www.mern.gouv.qc.ca/produits-services/mines.jsp.

Au total, 363 sites d'observation ont été visités. Les dépôts de surface sont exposés généralement dans les sablières, les gravières, les coupes naturelles et le long des bords de routes. Dans les secteurs de faible relief, des trous les plus profonds possible ont été creusés à la pelle afin de recueillir de l'information sur le matériel en place. Les données acquises sur le terrain ont permis de valider et de mettre à jour les cartes préliminaires produites préalablement par photo-interprétation. Deux cartes des dépôts de surface à l'échelle 1/85 000 ont été produites pour le secteur nord-ouest et le secteur sud-est (cartes hors texte). Les codes utilisés pour la description des unités sédimentaires dans ce rapport et dans les cartes en annexe sont tirés de Parent *et al*. (2010).

Échantillonnage et traitement des sédiments

L'échantillonnage a été effectué à la pelle dans la partie non altérée et non remaniée des dépôts à environ 0,5 à 1,5 m de profondeur en fonction de l'épaisseur du sol. Les prélèvements ont été réalisés à environ tous les cinq kilomètres le long des chemins forestiers. Des échantillons de 10 à 15 kg de till de fond et de sédiments d'eskers ont été récupérés. Dans les cas des eskers, un tamisage préalable a été effectué sur le site d'échantillonnage afin de récupérer la fraction inférieure à 8 mm.

Le traitement et les analyses des concentrés de minéraux lourds ont été effectués par IOS Services Géoscientifiques (Fournier, 2015) selon le protocole décrit par McClenaghan (2011) et Spirito *et al*. (2011). Après le prélèvement d'un échantillon témoin de 500 g, le matériel est séché et tamisé en différentes classes granulométriques : < 1 mm, 1 à 2 mm, 2 à 4 mm, 4 à 8 mm et supérieure à 8 mm. La fraction inférieure à 1 mm est soumise à une séparation gravimétrique à l'aide d'une table à secousses. La concentration et l'extraction des grains d'or sont effectuées à cette étape à l'aide d'un lit fluidisé installé en amont de la table à secousse. La fraction granulométrique de 250 à 1000 µm est récupérée par tamisage, puis nettoyée à l'acide oxalique avant d'être soumise à une séparation densimétrique au polytungstate de lithium (masse volumique de 3,2 g/ml) afin d'en récupérer

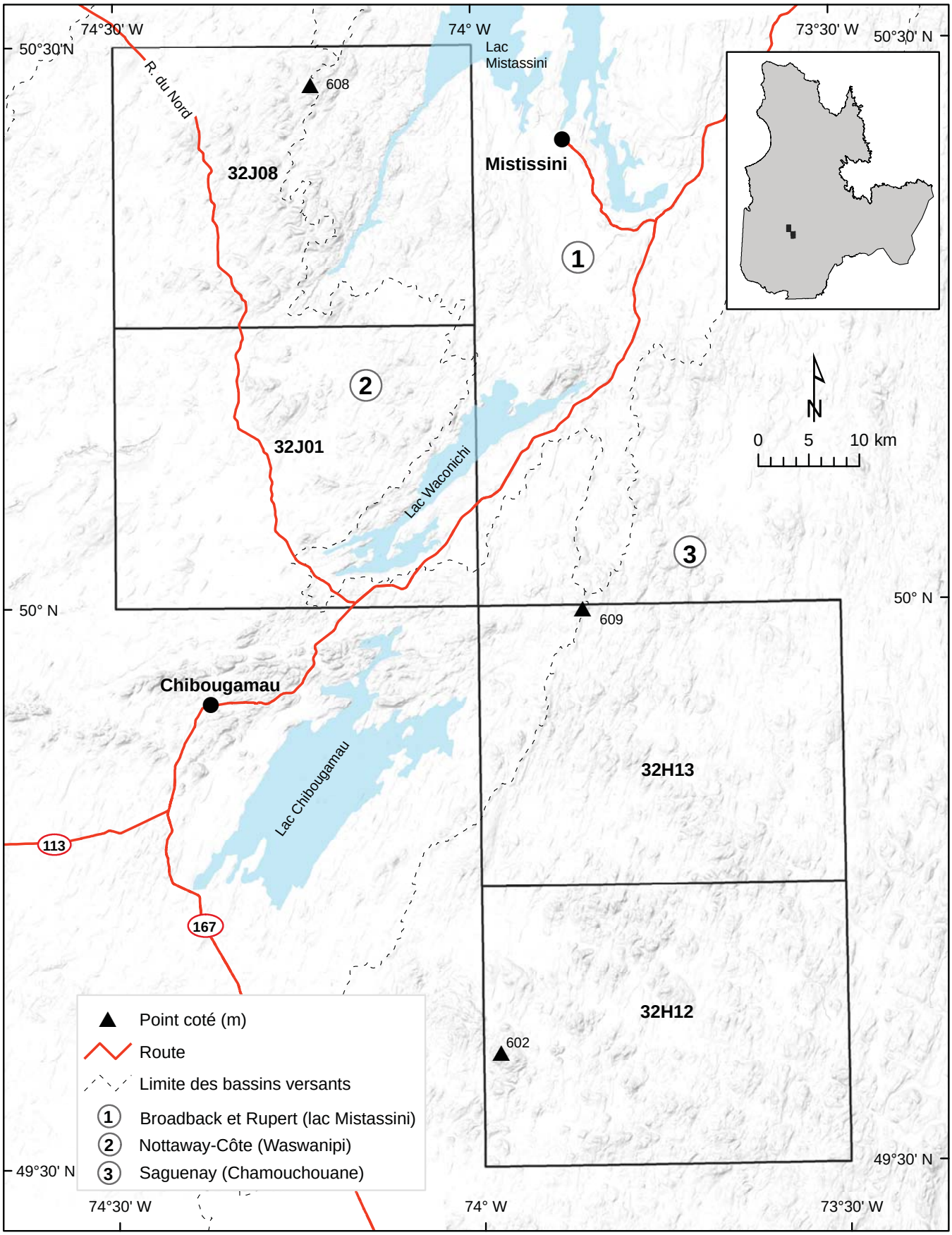


FIGURE 1 - Localisation de la région d'étude et limites des bassins versants.

la fraction lourde. Les grains provenant de la fraction non ferromagnétique obtenue après une séparation magnétique (séparateur à barrière de champ Frantz LB-1) sont examinés à l'aide d'un stéréomicroscope et analysés au microscope électronique à balayage (MEB) muni d'un spectromètre à dispersion d'énergie (EDS). Les résultats bruts ont été publiés par El Amrani et Lamarche (2016).

Les analyses géochimiques portant sur la fraction fine du till (<63 µm) ont été effectuées au laboratoire Actlabs. Elles ont été réalisées à partir d'une aliquote de 30 g obtenue après tamisage de l'échantillon initial. Les oxydes majeurs ont été analysés par fusion totale et spectrométrie d'émission optique par plasma inductif (ICP-OES). Les analyses pour le cuivre ont été effectuées par digestion totale à quatre acides et ICP-OES. Les autres éléments (Au, Ag, terres rares, etc.) ont été dosés par activation neutronique (INAA). Les résultats sont disponibles dans la base de données SIGÉOM (http://sigeom.mrn.gouv.qc.ca) sous l'entité « Géochimie » et l'onglet « Échantillon de sédiment ».

Travaux antérieurs

La zone couverte dans le cadre de ce projet n'a jamais fait l'objet d'une cartographie et d'un échantillonnage systématique des dépôts de surface. En dehors de la zone, à l'exception de la cartographie réalisée par Warren (1974) dans le feuillet 32I04 à l'est de la région étudiée, la plupart des travaux de cette nature sont concentrés dans le district minier de Chibougamau. Il s'agit de levés régionaux réalisés par le Ministère (Martineau, 1983, 1984; Martineau *et al.*, 1984; De Corta, 1984) et par la Commission géologique du Canada (Paradis, 2004). Les autres publications traitent généralement d'un ou de certains aspects particuliers de l'histoire glaciaire de la région. On retrouve des études sur le Lac Ojibway et son extension vers l'est (Vincent et Hardy, 1977, 1979) et des études traitant de la géochimie et de la dispersion glaciaire (Dilabio, 1976, 1981; Cadieux, 1986; Bisson, 1987; Levasseur, 1993; Levasseur et Prichonnet, 1995; Maurice *et al*., 1995; Veillette, 1999, 2004, Averill et Holmes, 2004). D'autres travaux ont porté sur la stratigraphie des dépôts (Martineau, 1984; Prichonnet *et al*., 1984), la dynamique glaciaire et la reconstruction paléogéographique de la calotte laurentidienne (Bouchard et Martineau, 1985; Prichonnet et Beaudry, 1990).

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes ayant pris part, de près ou de loin, à ce projet, notamment Jonathan Aubin, Marie-France Beaulieu et Stéphane Carignan pour la logistique. Nous remercions également François Leclerc et son équipe pour notre séjour sur le terrain, Olivier Lamarche pour sa contribution aux travaux et aux discussions sur le terrain, ainsi qu'André Brazeau et Daniel Bandyayera pour les nombreux échanges fructueux au bureau. Nos remerciements vont aussi à Kathleen O'Brien et Pierre-Thomas Poulin pour leur soutien géomatique et l'édition des cartes. Finalement, nous tenons à remercier Hugo Dubé-Loubert pour la lecture critique constructive qui a amélioré la qualité du manuscrit ainsi que Joanne Nadeau et Claude Dion pour l'édition de ce rapport.

CONTEXTE GÉOLOGIQUE RÉGIONAL ET POTENTIEL MINÉRAL

Géologie du substratum rocheux

Le substratum rocheux du secteur étudié appartient aux provinces géologiques du Supérieur et de Grenville. Il comprend, du nord vers le sud, la Sous-province d'Opatica, la Sous-province de l'Abitibi et le Parautochtone de la Province de Grenville (figure 2).

La Sous-province d'Opatica représente un ensemble volcano-plutonique d'âge archéen constitué essentiellement de tonalite, de diorite et de monzodiorite ou de monzogabbro traversés par des intrusions de granodiorite et de granite (Hocq, 1994; Daoudene *et al.*, 2016). Elle comprend aussi des lentilles de roches volcaniques métamorphisées au faciès des amphibolites (Daoudene *et al*., 2016). Au sud, à la limite avec la Sous-province de l'Abitibi, un massif de monzonite, de diorite et de syénite forme le Pluton de Barlow. Un essaim de dykes de diabase paléoprotérozoïques orientés NE-SW et NW-SE (Hamilton, 2009; Daoudene *et al*., 2016) coupe les roches archéennes. Le Groupe de Mistassini (dolomie stromatolitique, dolomie, grès et conglomérat), également d'âge paléoprotérozoïque, repose en discordance sur les roches archéennes de l'Opatica (Caty, 1976).

La Sous-province de l'Abitibi s'étend sur environ 20 % du territoire étudié, à cheval sur les secteurs nord-ouest et sud-est. Elle est formée d'un ensemble de roches volcaniques et sédimentaires archéennes coupées par des intrusions mafiques à ultramafiques dont le Complexe du Lac Doré, hôte de la majorité des mines de Chibougamau (redéfini comme la Suite intrusive du Lac Doré; Leclerc *et al.*, 2017) et le Complexe de Cummings (redéfini comme la Suite intrusive de Cummings; Leclerc *et al.*, 2017).

L'Archéen de la Sous-province de l'Abitibi comprend le Groupe de Roy, formé de roches volcaniques mafiques à felsiques, et le Groupe d'Opémisca, dominé par des roches sédimentaires (Allard *et al.*, 1979, Daigneault et Allard 1990). Le Groupe de Roy comprend les formations d'Obatogamau (roches volcaniques mafiques), de Waconichi (rhyolites porphyriques et volcanoclastites), de Bruneau (roches volcaniques mafiques), de Blondeau (roches volcaniques mafiques, volcanoclastites et roches sédimentaires) et de Bordeleau (grès et siltstones). Le Groupe d'Opémisca repose en discordance sur le Groupe de Roy et correspond dans la zone d'étude à la Formation de Chebistuan (conglomérat, grès, argilite et andésite porphyrique).

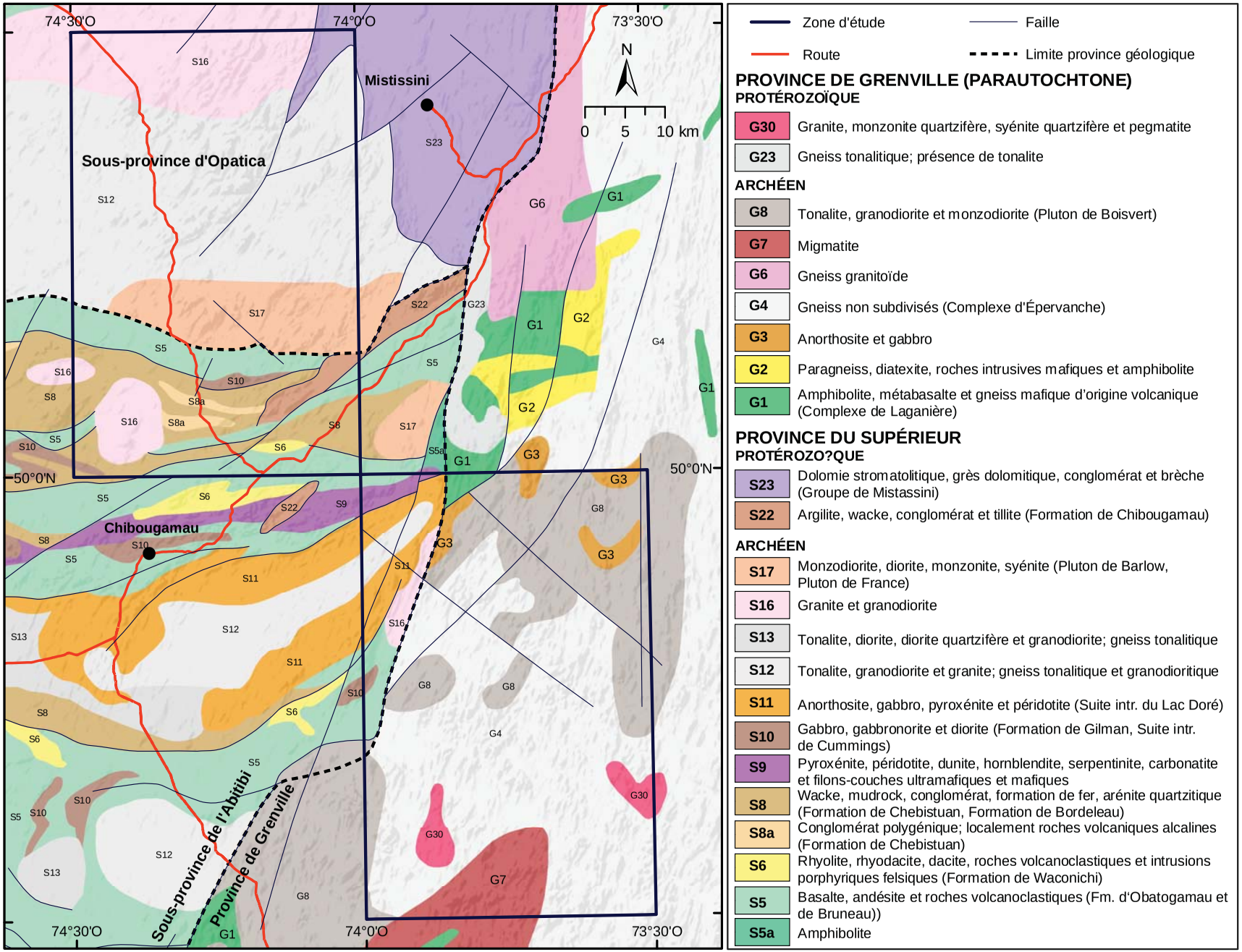


FIGURE 2 - Contexte géologique de la région d'étude (modifié de Thériault et Beauséjour, 2012).

Les argilites, les wackes et les conglomérats de la Formation de Chibougamau, d'âge paléoprotérozoïque, reposent en discordance sur les roches archéennes (Long, 1973).

Le Parautochtone de la Province de Grenville occupe plus de 70 % du secteur sud-est de la zone d'étude. Le Front du Grenville, orienté NE-SW, constitue la limite avec la Sous-province de l'Abitibi. Cette zone est marquée par une rupture du grain tectonique régional qui passe de E-W à NE-SE et par un gradient métamorphique démontré par le passage du faciès des schistes verts à celui des amphibolites (Morin *et al.*, 1999).

Le Parautochtone est constitué en grande partie de roches archéennes très déformées et métamorphisées du Complexe d'Épervanche (gneiss), du Pluton de Boisvert (tonalite, granodiorite, monzodiorite) et du Complexe de Laganière (amphibolite, métabasalte et migmatites; figure 2). Dans le Pluton de Boisvert, les amphibolites à grenat et les anorthosites forment des lambeaux au sein des tonalites foliées ou gneissiques (Bandyayera *et al.*, 2005). Une série de dykes paléoprotérozoïques de gabbro à grenat coupent le Parautochtone suivant des directions E-W ou N-S. Les roches d'âge protérozoïque affleurent seulement au sud du secteur sud-est où elles forment des intrusions de granite et de pegmatite.

Potentiel minéral de la région

Les premiers travaux d'exploration dans la région de Chibougamau remontent à 1870 quand James Richardson, géologue de la Commission géologique du Canada, a signalé la présence de magnétite, de chalcopyrite et de pyrite dans la région (Vallières, 2012). De 1960 à 1972, les régions de Chibougamau et de Chapais étaient considérées comme étant les plus grandes productrices de cuivre de l'est du Canada. Bien qu'aucune mine ne soit active de nos jours, la région recèle encore plusieurs occurrences minéralisées, notamment pour le cuivre et l'or, dont la quasi-totalité est associée aux roches vertes de la Sous-province de l'Abitibi (figure 3). Les travaux d'exploration effectués dans le Parautochtone grenvillien de la région indiquent un potentiel pour les gîtes de type porphyre cuprifère et de Cu-Au filonien (Bandyayera *et al.*, 2005). Les roches de l'Opatica ont été très peu étudiées dans la région; seulement deux indices y ont été découverts jusqu'à présent (figure 3) : un indice de plomb et d'argent associé aux roches sédimentaires du Bassin de Mistassini et un indice de nickel et de chrome associé à une péridotite.

À l'échelle régionale, cinq principaux types de minéralisations ont été identifiés (Morin *et al.*, 1999) :

1. minéralisations associées aux intrusions mafiques (gîte de vanadium dans le Suite intrusive du Lac Doré);
2. minéralisations de sulfures massifs volcanogènes associées aux roches felsiques (formations de Waconichi et Blondeau);
3. minéralisations de type porphyrique à Cu-Au ± Mo associées au Pluton de Chibougamau;
4. minéralisations de type mésothermal associées à des structures E-W;
5. minéralisations de veines Cu-Au de type Opémisca (Suite intrusive de Cummings).

RÉSULTATS

Dépôts quaternaires et dynamique glaciaire associée

Dépôts glaciaires

Les sédiments glaciaires couvrent environ 64 % de la superficie du territoire cartographié et correspondent aux sédiments déposés directement par le glacier. L'étude des différentes coupes levées dans ces dépôts révèle une stratigraphie composée d'une seule nappe de till de fond. Cette nappe mise en place par un glacier dynamique peut former une couverture continue (code Tc) ou une couverture mince et discontinue caractérisée par la dominance des cailloux et blocs anguleux (code Tm). Le till de fond de teinte grisâtre est relativement compact avec une matrice sableuse abondante généralement non carbonatée (photo 1, en annexe). Il est surmonté par endroits d'une couche mince oxydée (< 1 m) qui renferme des cailloux, des graviers et parfois des blocs (till d'ablation). L'épaisseur moyenne visible du till est de 1 à 5 m et peut dépasser 20 m au niveau des formes fuselées (drumlins et traînées morainiques).

Par endroits, notamment au fond de certaines vallées, la fonte sur place de la glace a permis la mise en place d'un till de fusion (code Tf) caractérisé par l'abondance de blocs et de cailloux emballés dans une matrice sablo-graveleuse lâche. L'ensemble présente une topographie en bosses et en creux et forme des moraines de décrépitude.

Dans le secteur nord-ouest, la partie supérieure du till semble avoir été remaniée par les eaux du Lac Ojibway. L'épaisseur de la partie remaniée est difficile à déterminer sur le terrain en raison de la nature sableuse du till. Cette unité est identifiée par les codes Tr (till remanié en couverture continue) ou Trm (till remanié en couverture discontinue) sur les cartes hors texte.

Dépôts fluvioglaciaires

Ces dépôts couvrent environ 13 % du territoire étudié. Ils se sont mis en place au fond des vallées et correspondent à des sédiments de contact glaciaire (code Gx) et à des sédiments d'épandage subaquatique (code Gs) ou subaérien (code Go). Les dépôts juxtaglaciaires prennent par endroits la forme d'eskers, de kames ou de moraines frontales. Huit cent crêtes d'eskers ont été identifiées formant un réseau d'une longueur totale de 436 km. Les eskers ont une

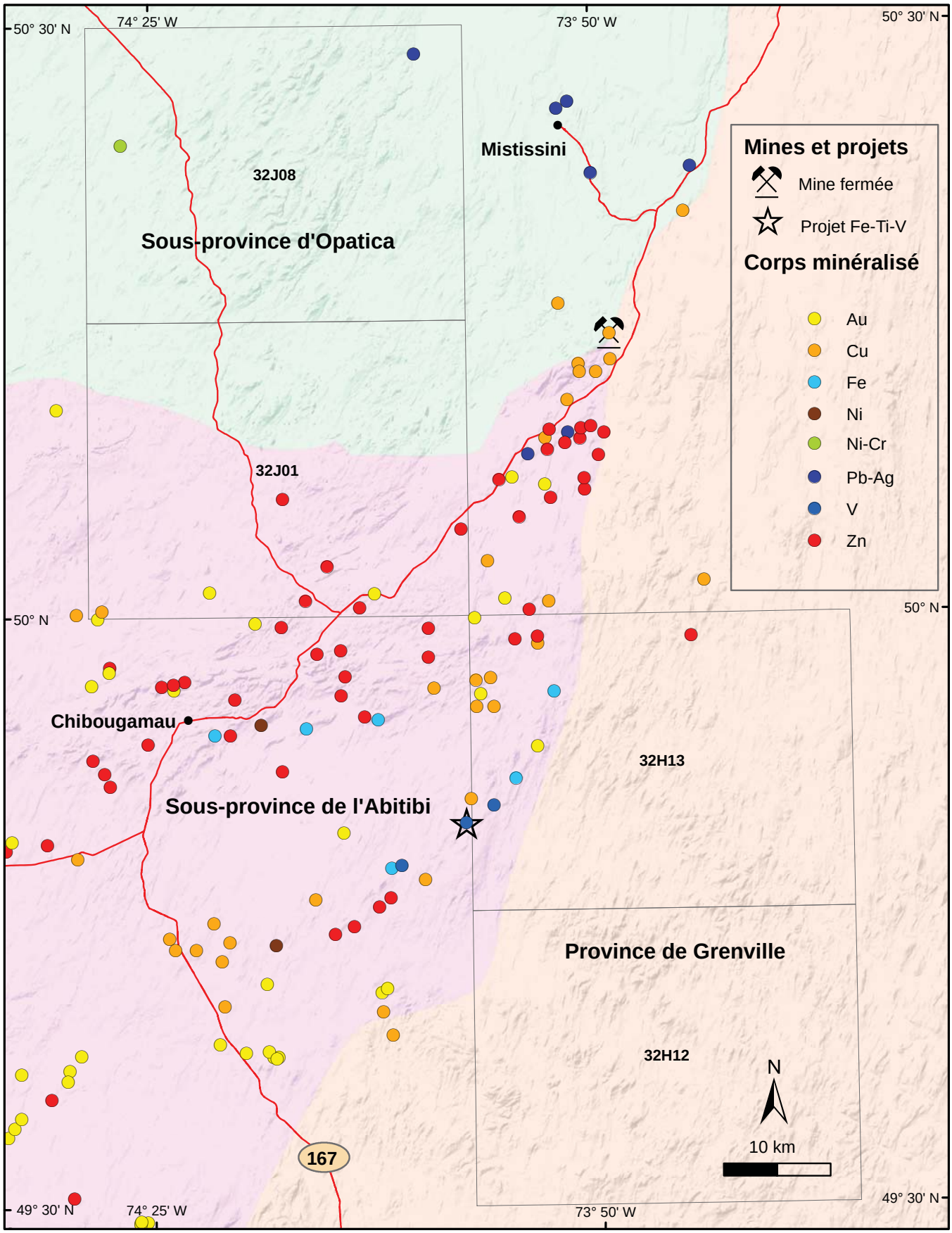


FIGURE 3 - Principaux indices et gisements métalliques dans la région d'étude (SIGÉOM, 2016).

orientation dominante NNE-SSW à NE-SW et peuvent être localement N-S dans le secteur sud-est (figure 4). Certains eskers atteignent 30 m de hauteur visible et plus de 20 m de largeur. Ils sont constitués essentiellement de sables et de graviers associés, par endroits, à des blocs et à des cailloux abondants, ce qui traduit une forte dynamique. Les crêtes sont émoussées par les processus d'érosion postglaciaire et souvent couvertes par la végétation.

Les sédiments d'épandage subaquatiques (code Gs), à dominante sableuse, se trouvent essentiellement dans le secteur nord-ouest et sont souvent associés à l'embouchure de chenaux sous-glaciaires en contact avec les eaux du Lac Ojibway. Les sédiments d'épandage subaérien (code Go) ont été observés dans le secteur sud-est. Composés généralement de sables et de graviers, ils forment des plaines et, par endroits, des terrasses au fond des grandes vallées.

Dépôts glaciolacustres

Le niveau relatif maximal du Lac Ojibway a été estimé entre 438 et 445 m dans la région (Norman, 1938; Prichonnet *et al*., 1984). Cela signifie que le secteur nord-ouest du territoire étudié a été complètement inondé par les eaux de ce lac glaciaire, sauf pour quelques sommets de collines. Dans ce secteur, les sédiments reliés à cette ancienne étendue d'eau sont représentés par des sables et des graviers littoraux (code LGb) ou deltaïques (code LGd). Il sont pour la plupart couverts par de larges tourbières. L'altitude maximale de trois formations deltaïques identifiées est de 410 m. Seulement trois sites ont permis d'observer des sédiments d'eau profonde (code LGa). Il s'agit d'argiles et de silts formant une série massive et non rythmée (<1 m d'épaisseur) sous la matière organique (photo 2, annexe 1).

Les formes de terrain attribuées au Lac Ojibway dans la région correspondent à des crêtes morainiques de De Geer et à quelques rares cordons de plage. Le couvert végétal assez dense et l'accès limité au terrain n'ont pas permis de décrire ces formes ni d'identifier des terrasses lacustres. Les crêtes morainiques de De Geer sont abondantes (188 crêtes) dans la partie sud-ouest du secteur nord-ouest (figure 4). Il s'agit de crêtes discontinues, étroites et subparallèles orientées NW-SE (55 % des crêtes), WNW-ESE (25 %) et NNW-SSE (20 %). Leur hauteur dépasse rarement 5 m, avec des longueurs allant de 25 à 560 m et un espacement irrégulier de 25 à 300 m. Elles ont été édifiées sur les grands replats où elles sont parfois posées sur des drumlins. Leur altitude actuelle dépasse rarement 400 m. Ces crêtes indiquent un environnement de marge glaciaire en contact d'un plan d'eau (Lac Ojibway) selon le modèle proposé par De Geer et appuyé en partie par Beaudry et Prichonnet (1991, 1995) qui attribuent ces moraines à des crevasses situées à la base d'un glacier actif. Aucun indice de la présence du Lac Ojibway n'a été mis en évidence dans le secteur sud-est de la région.

Dépôts postglaciaires

Les sédiments organiques (code O; 18 % du territoire cartographié) occupent le fond des dépressions et des zones mal drainées. Dans le secteur nord-ouest, de larges tourbières se sont mises en place sur les dépôts glaciolacustres de l'ancien Lac Ojibway.

Les sédiments éoliens (code Ed) caractérisent surtout le secteur nord-ouest où ils sont associés aux zones sableuses des unités fluvioglaciaires et glaciolacustres. Ils forment des champs de dunes paraboliques souvent fixés par la végétation. L'analyse de l'orientation de 118 crêtes de dunes dans six champs de dunes a permis de conclure que les vents dominants efficaces provennaient du NW (28 %) et de l'WNW (23 %). Des résultats semblables ont été obtenus par Martineau (1984) et Prichonnet *et al*. (1984) à l'ouest de la région.

Les sédiments fluviatiles sont composés globalement de sables et de graviers et n'occupent que des aires très restreintes dans la région. Les alluvions actuelles (code Ap) forment des barres et des plaines alluviales surplombées par quelques rares terrasses d'alluvions anciennes (code At) dans le secteur sud-est.

Les sédiments lacustres correspondent aux dépôts littoraux (code Lb) et aux dépôts non différenciés (code L) des plans d'eau actuels. Quelques dépôts de bas de pentes (dépôts de versants; Ce) ont été également observés sur le terrain. Ils sont constitués de cailloux et de blocs anguleux formant des tabliers d'éboulis au pied des escarpements rocheux.

Directions et phases d'écoulements glaciaires

Des marques d'érosion glaciaires ont été relevées sur plus de 110 sites exposant le socle rocheux. Il s'agit principalement de stries, de cannelures et de broutures avec des valeurs d'azimut oscillant entre 110° et 235°. Six directions principales d'écoulements glaciaires ont été identifiées (figure 5B) :

- Écoulement SE à ESE (110 à 135°, 2 sites);
- Écoulement SSE (170°, 4 sites);
- Écoulement S (180 ±5°, 24 sites);
- Écoulement SSW (186 à 213°, 49 sites);
- Écoulement SW (215 à 235°, 28 sites);
- Écoulement WSW (240°, 3 sites).

L'analyse de la polarité glaciaire dans trois sites favorables (photos 3 et 4, en annexe) a permis d'établir la chronologie relative de certains mouvements. D'après ces observations, l'écoulement S est plus récent que l'écoulement SE et l'écoulement SW est plus récent que les écoulements SSW et SE. L'état des surfaces rocheuses n'a pas permis d'établir la chronologie relative du mouvement S par rapport aux mouvements WSW et SW.

L'analyse de l'orientation de 576 formes de terrain fuselées (drumlins, drumlinoïdes et traînées derrière abri; photo 5, en annexe) indique des directions variant de 165°

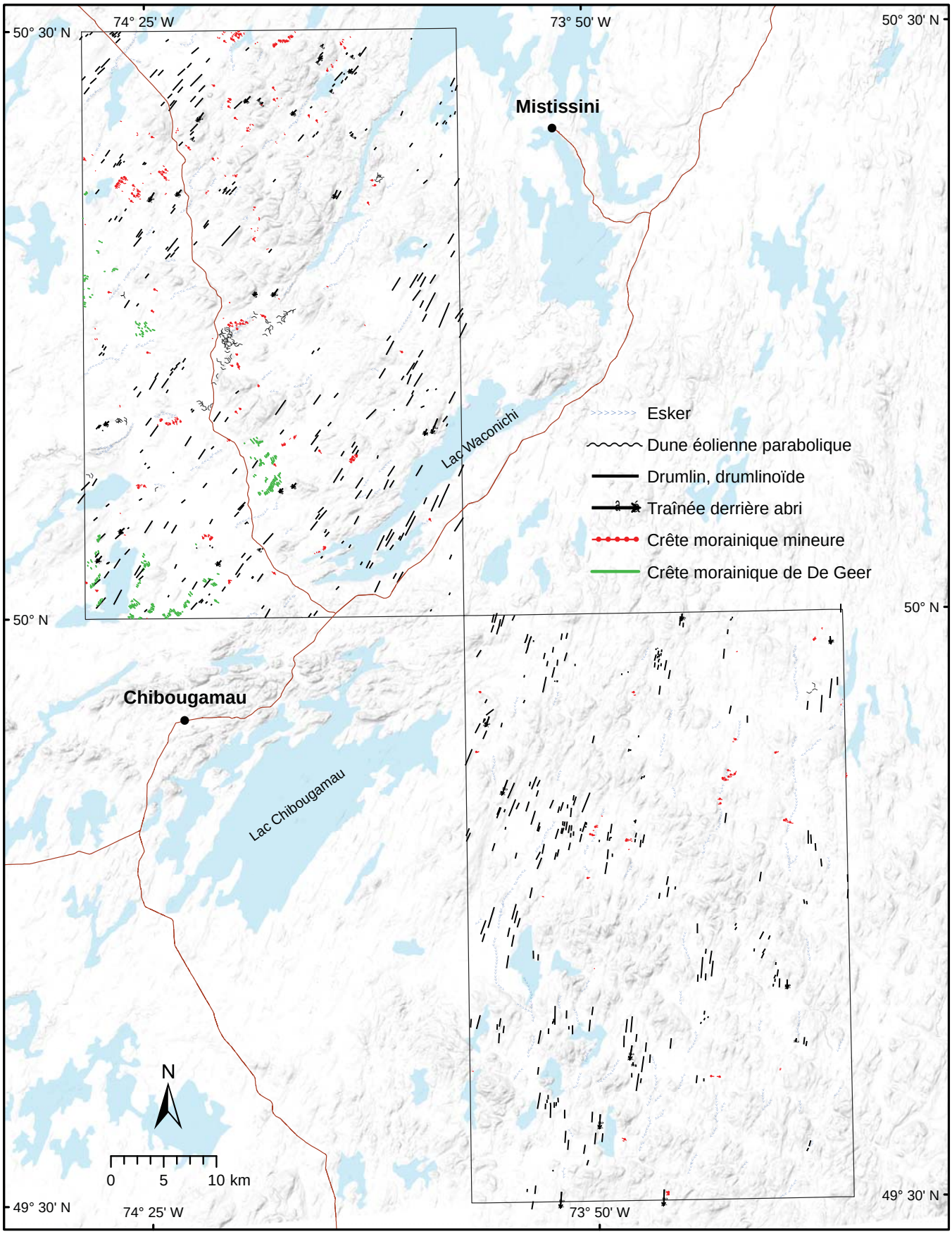


FIGURE 4 - Aperçu géomorphologique simplifié de la région étudiée.

à 254° et confirme l'existence des mouvements enregistrés par le substrat rocheux décrits précédemment, à l'exception de l'écoulement ancien SE. Les écoulements SW et SSW correspondent respectivement à 43 % et 36 % du nombre total des formes (figure 5C). La répartition spatiale des formes fuselées indique que les écoulements SSE, S et SSW caractérisent le secteur sud-est, tandis que les écoulements SW et WSW se trouvent dans le secteur nord-ouest (figures 5A et C).

La plupart des mouvements identifiés dans la présente étude ont également été mis en évidence à l'échelle régionale (Prichonnet et *al.*, 1984; Bouchard et Martineau, 1985; De Corta, 1988; Prichonnet et Beaudry, 1990; Veillette et Pomares, 1991; Paradis et Boisvert, 1995). En outre, Prichonnet et Beaudry (1990) ont démontré que :

- L'écoulement ESE est plus ancien que les écoulements SSE et S;
- L'écoulement SSE est plus ancien que l'écoulement S;
- L'écoulement S est plus ancien que les écoulements SSW et SW;
- L'écoulement SW est plus ancien que l'écoulement WSW.

La chronologie relative de ces mouvements traduit un déplacement progressif du centre de dispersion ou de la ligne de partage des glaces dans le sens horaire (Prichonnet et *al.*, 1984; Bouchard et Martineau, 1985; Prichonnet et Beaudry, 1990; Paradis et Boisvert; 1995; Veillette, 2004). L'appel de glace créé par la présence du Lac Ojibway ainsi que l'existence de hauts topographiques au SE de la zone d'étude semblent avoir influencé la réorientation des écoulements.

Enfin, le bon état de préservation des surfaces rocheuses démontre l'âge récent des mouvements glaciaires observés. Ces derniers semblent être liés à l'évolution de l'Inlandsis laurentidien au cours du Wisconsinien tardif (Bouchard et Martineau, 1985; Prichonnet et Beaudry, 1990).

Déglaciation de la région

La déglaciation de la région s'est effectuée globalement vers le nord-est. Dans le secteur nord-ouest, la marge glaciaire orientée principalement NW-SE et parallèle aux moraines de De Geer était en contact avec les eaux du Lac Ojibway. Son orientation était également parallèle à la Moraine de Sakami identifiée à l'extérieur de la zone d'étude, plus au nord (Hardy, 1982). Dans le secteur sud-est où aucune évidence de la présence du Lac Ojibway n'a été reconnue, l'orientation de quelques moraines frontales mineures indique que le front glaciaire semblait suivre une orientation WNW-ESE à E-W. La déglaciation régionale est également marquée par les grands axes d'eskers qui sont en effet orientés principalement NNE-SSW à NE-SW et localement N-S dans le secteur sud-est.

Dans l'état actuel des connaissances, la rareté des dépôts glaciolacustres d'eau profonde et l'absence de rythmicité dans ces dépôts constituent des indices démontrant l'existence d'un lac glaciaire éphémère ou peu profond. Dans la région d'étude, le Lac Ojibway aurait été caractérisé par la présence de hauts fonds et de bassins isolés qui auraient temporairement transformé le paysage en archipel (Prichonnet *et al.*, 1984).

L'absence de moraine importante témoigne en faveur d'une déglaciation rapide de la région. Les eaux du Lac Ojibway ont probablement contribué de façon significative à ce retrait par vêlage. En se basant sur l'hypothèse de moraines annuelles de De Geer, le retrait de la marge glaciaire dans le secteur nord-ouest serait de 25 à 300 m/an. À l'ouest de la région étudiée, le taux de recul glaciaire a été estimé entre 100 et 160 m/an (Martineau, 1984) ou entre 160 et 200 m/an (Prichonnet et *al.*, 1984).

En absence de repères chronologiques, il est difficile de retracer avec précision la séquence des évènements glaciaires et non glaciaires qui se sont succédés dans la région. Selon Vincent et Hardy (1979), la région aurait été libre de glace vers 7900 BP. Une datation effectuée sur une tourbe de la région de Chibougamau indique que le Lac Ojibway s'est retiré du territoire avant 7600 BP (Prichonnet *et al.*, 1984).

Dispersion glaciaire des erratiques

Les erratiques issus des roches sédimentaires paléo protérozoïques de la zone lac Mistassini-Chibougamau ont été souvent utilisés comme indicateurs lithologiques pour étudier la dynamique glaciaire et la dispersion des fragments de roches au sud du Bouclier canadien (Dilabio, 1976, 1981; Bouchard *et al.*, 1984; Martineau, 1984; Cadieux, 1986; Dionne, 1986, 2001; De Corta, 1988; Levasseur et Prichonnet, 1995; Veillette, 1999, 2004; Dionne et Bernatchez, 2000). Ces erratiques ont l'avantage d'être facilement identifiables sur le terrain; certains sont rares et les affleurements d'où ils proviennent sont d'étendue limitée. Il s'agit particulièrement de tillite et de varvite de la Formation de Chibougamau (photo 6, en annexe) et de dolomies et de dolomies à stromatolites de la Formation d'Albanel (Groupe de Mistassini, photos 7 et 8, en annexe).

Dans le territoire cartographié, la position géographique et la nature des erratiques observés sont systématiquement notées pour chaque site. Il est généralement rare de trouver plus d'un bloc erratique par site. Certains sites ont révélé la présence d'erratiques provenant à la fois de sources proximale (Formation de Chibougamau) et distale (Formation d'Albanel; figure 6). La répartition spatiale des erratiques cartographiés indique des écoulements glaciaires vers le sud et le sud-ouest (figure 6). La distance minimale de transport a été estimée à environ 2 km pour les erratiques de la Formation de Chibougamau et à environ 35 km pour les erratiques provenant du Bassin de Mistassini. À l'échelle régionale, ces indicateurs lithologiques ont été transportés vers le sud-est, le sud et le sud-ouest sur des distances atteignant parfois plusieurs centaines de kilomètres (Dionne, 1986, 2001; Dionne et Bernatchez, 2000; Veillette, 2004).

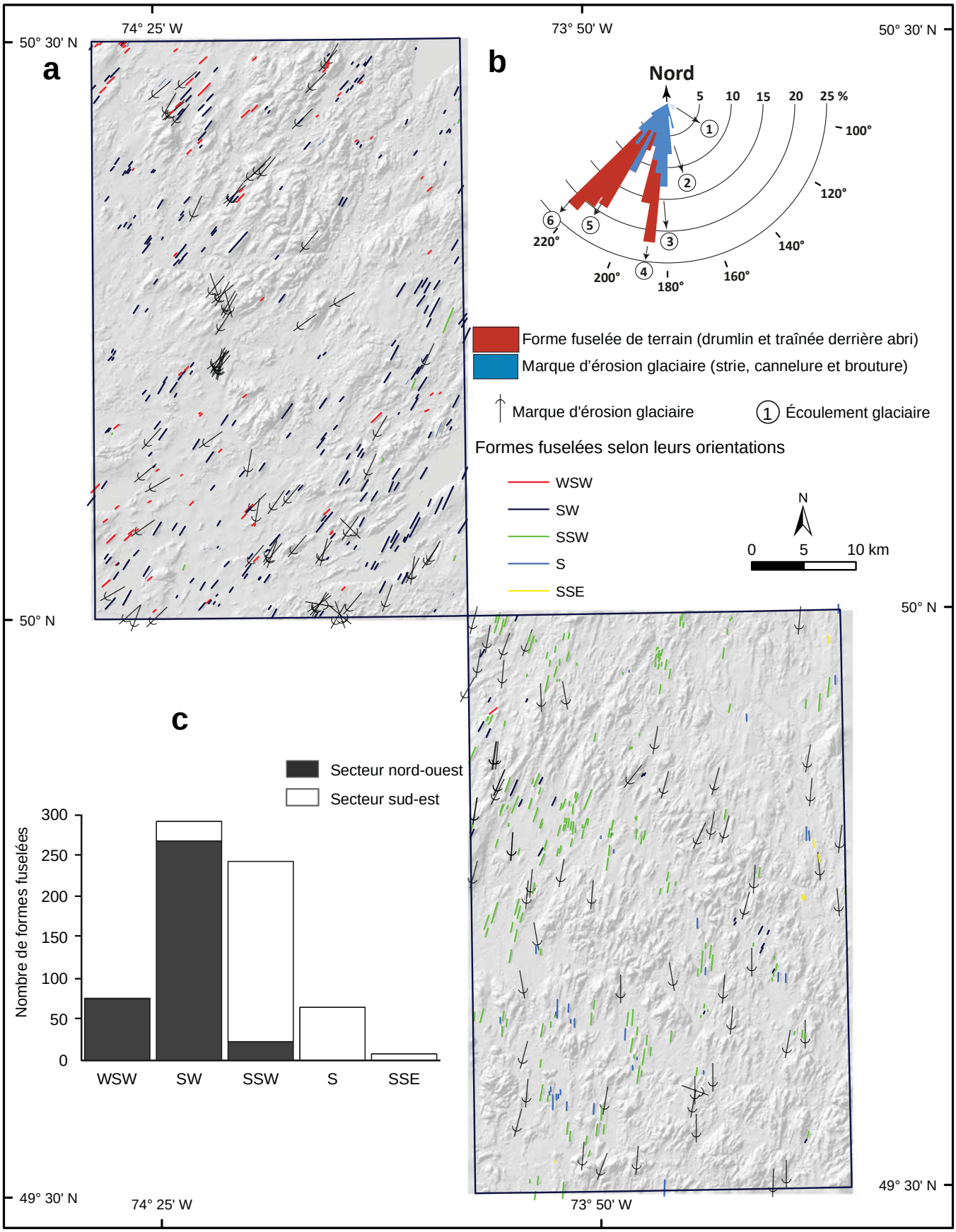


FIGURE 5 - Les écoulements glaciaires dans la région étudiée : a) séquence des écoulements; b) diagramme en rose des marques d'érosion glaciaires et des formes de terrain fuselées; c) diagramme fréquence-orientation des formes de terrain fuselées.

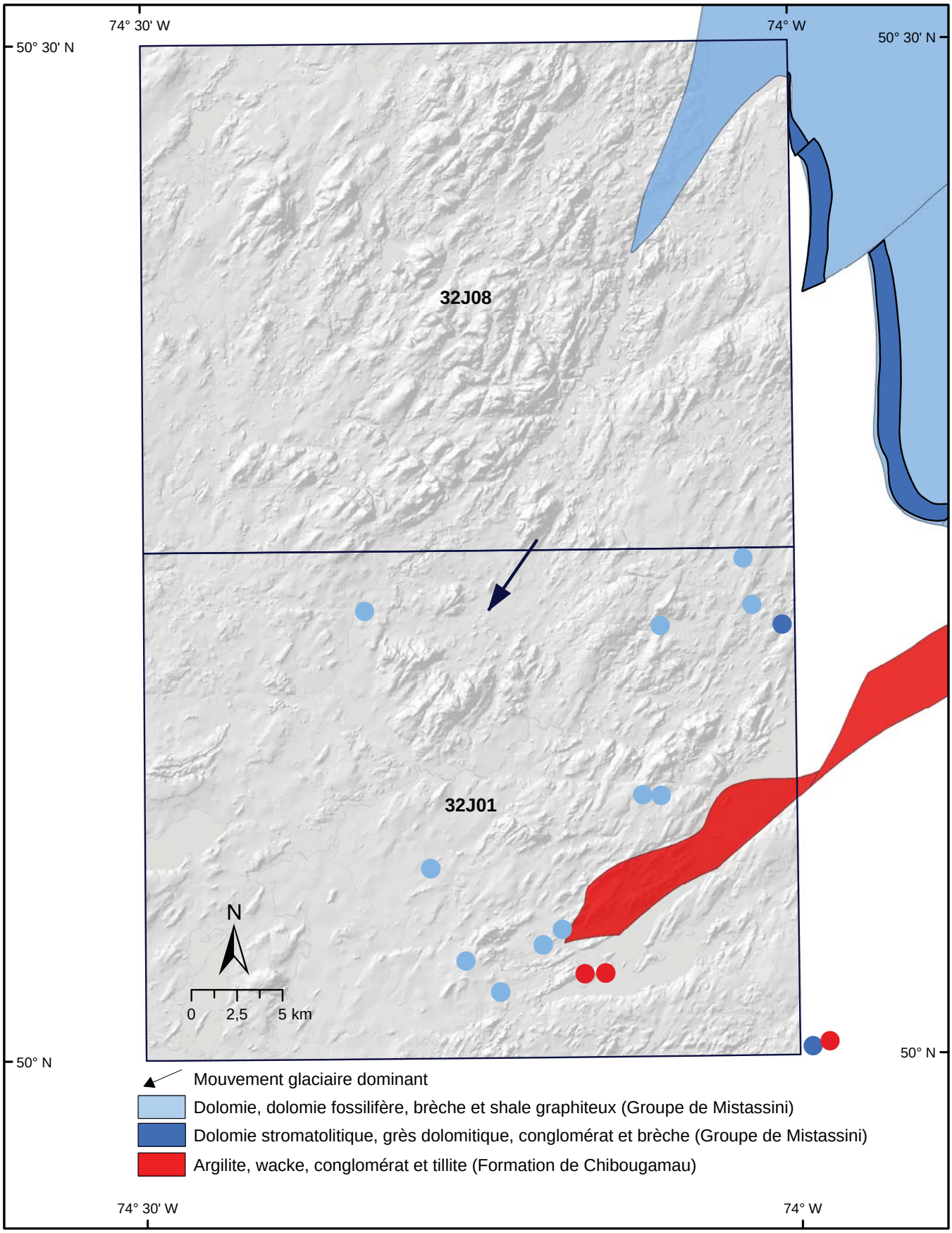


FIGURE 6 - Répartition des erratiques dans le secteur nord de la zone d'étude.

Composition des sédiments et cibles potentielles pour l'exploration minérale

Un total de 116 échantillons ont été prélevés dans le territoire à l'étude : 79 proviennent des tills de fond et 37 d'eskers (figure 7). L'analyse granulométrique indique que la fraction sableuse (63 µm à 2 mm) est dominante dans tous les sédiments. Elle dépasse souvent 40 % et peut atteindre 98 % dans certains échantillons d'eskers. Dans le till, la fraction silteuse (4 à 63 µm) représente 20 à 63 % du sédiment, alors que la fraction argileuse dépasse rarement 20 %.

Les analyses géochimiques réalisées sur la fraction fine du till (<63 µm) montrent que les teneurs de plusieurs éléments ne dépassent pas la limite de détection : Ag, Hg, Ir, Ni, Se, Sn, Sr, Ta, W, Zn. La combinaison de la géochimie du till, le contenu en minéraux indicateurs du till et des sédiments d'eskers ainsi que la géochimie des sédiments de fond de lac ont permis de mettre en évidence dans la région quelques secteurs présentant un potentiel minéral.

Potentiel pour les minéralisations en cuivre

Les analyses géochimiques de la matrice fine du till indiquent que 87 % des échantillons contiennent moins de 100 ppm de cuivre; un seul échantillon à matrice sableuse montre une anomalie en cuivre (470 ppm; anomalie Cu-1, figure 8). Les grains de chalcopyrite récupérés dans la fraction lourde des sédiments sont abondants dans les eskers (jusqu'à 9 grains/10 kg de sédiment), alors qu'ils ne dépassent pas deux grains dans les échantillons de till pour un poids similaire (figure 8). Les eskers étant des milieux oxydants, la source de la chalcopyrite doit être située à proximité et/ou riche. Certains grains de chalcopyrite présentent des traces de cobalt (jusqu'à 1,06 %), notamment dans le Grenville.

Dans le secteur nord-ouest, la plupart des anomalies en cuivre se trouvent dans la Sous-province de l'Abitibi, en aval glaciaire des roches volcano-sédimentaires connues pour leur potentiel en sulfures massifs volcanogènes (Leclerc *et al*., 2008). Plus au nord, la géologie du roc dans la Sous-province de l'Opatica n'est pas assez connue pour expliquer les anomalies observées.

Dans le secteur sud-est, l'état actuel des connaissances du roc (Bandyayera *et al.*, 2005) indique que les lambeaux d'anorthosite gabbroïque ou de gneiss mafique pourraient être une source potentielle du cuivre dans les dépôts de surface. Les anomalies se trouvent par endroits en aval glaciaire de ces lambeaux (anomalie Cu-1, figure 8).

Potentiel pour les minéralisations en or

Les analyses géochimiques de la fraction fine du till n'ont révélé que trois échantillons contenant de l'or avec des teneurs de 6 à 22 ppb. L'arsenic et l'antimoine sont souvent utilisés comme indicateurs des gisements d'or (Yanga et Blumb, 1999; Zhu *et al*., 2011). Les teneurs maximales obtenues sont de 6 ppm pour l'arsenic et 0,7 ppm pour l'antimoine (figure 9).

Au total, 33 grains d'or ont été récupérés de la fraction lourde des sédiments (1 à 8 grains par échantillon). La classe granulométrique des sables fins (63 à 250 µm) contient 85 % des grains. Les sédiments de la partie septentrionale du secteur nord-ouest semblent être les plus riches en grains d'or. Dans cette région, un échantillon d'esker et un de till ont livré respectivement huit et trois grains d'or (anomalies Au-1 et Cu-Au-1, figure 9). Un grain de löllingite, connu pour son association avec l'or dans les terrains métamorphisés au faciès des amphibolites (Tomkins et Mavrogenes, 2001; Saint-Hilaire, 2015), a également été identifié dans ce même échantillon d'esker (anomalie Cu-Au-1, figure 9).

Les grains d'or dans les sédiments de surface constituent le meilleur indicateur des gisements d'or présents dans un territoire donné. Leur forme et l'état de leur surface fournissent de précieuses informations sur les conditions et la distance de transport (Averill, 1988; DiLabio, 1990; McClenaghan, 2001). Quatre-vingt-six pour cent des grains d'or analysés ont une forme de type remodelée (*reshaped*), 14 % ont une forme modifiée (*modified*) et aucun grain n'a conservé sa forme originale habituelle (*pristine*), ce qui signifie que la distance de transport à partir de la source est significative. Cette distance peut atteindre 300 m pour les grains modifiés et dépasse 300 m pour les grains remodelés issus du till, alors qu'elle peut atteindre plusieurs kilomètres dans le cas des eskers (Townley et *al.*, 2003).

Les sédiments de fond de lac analysés antérieurement dans la région présentent des teneurs faibles n'excédant pas 18,6 ppb d'or. Ces analyses n'ont pas permis d'identifier d'anomalie significative en or dans la région.

Potentiel pour les minéralisations en fer-titane

Des minéraux magnétiques en concentration variable sont présents dans tous les échantillons analysés (tills et eskers). La composition géochimique de la fraction fine du till a permis de mettre en évidence trois anomalies (> 95^{e} percentile) en fer (Fe > 3 %) et en titane (TiO_2 > 0,56 %, figure 10). L'une des cibles pour le fer, le titane et le vanadium (Fe-Ti-2) est associée à une anomalie géophysique liée aux intrusions mafiques litées de la Suite intrusive du Lac Doré, à environ 3 km au nord-est du projet de mine Blackrock (figure 10).

L'analyse des concentrés de minéraux lourds a permis de détecter plusieurs grains d'ilménite et de magnétite titanifère, notamment dans les échantillons de till provenant du Parautochtone de la Province de Grenville (figure 10). Les lambeaux d'anorthosite et les roches associées pourraient être la source potentielle de ces minéraux.

Potentiel pour les minéralisations en terres rares

La fraction fine des tills a été analysée pour les éléments des terres rares (principalement le Ce, La, Sc et Y), mais

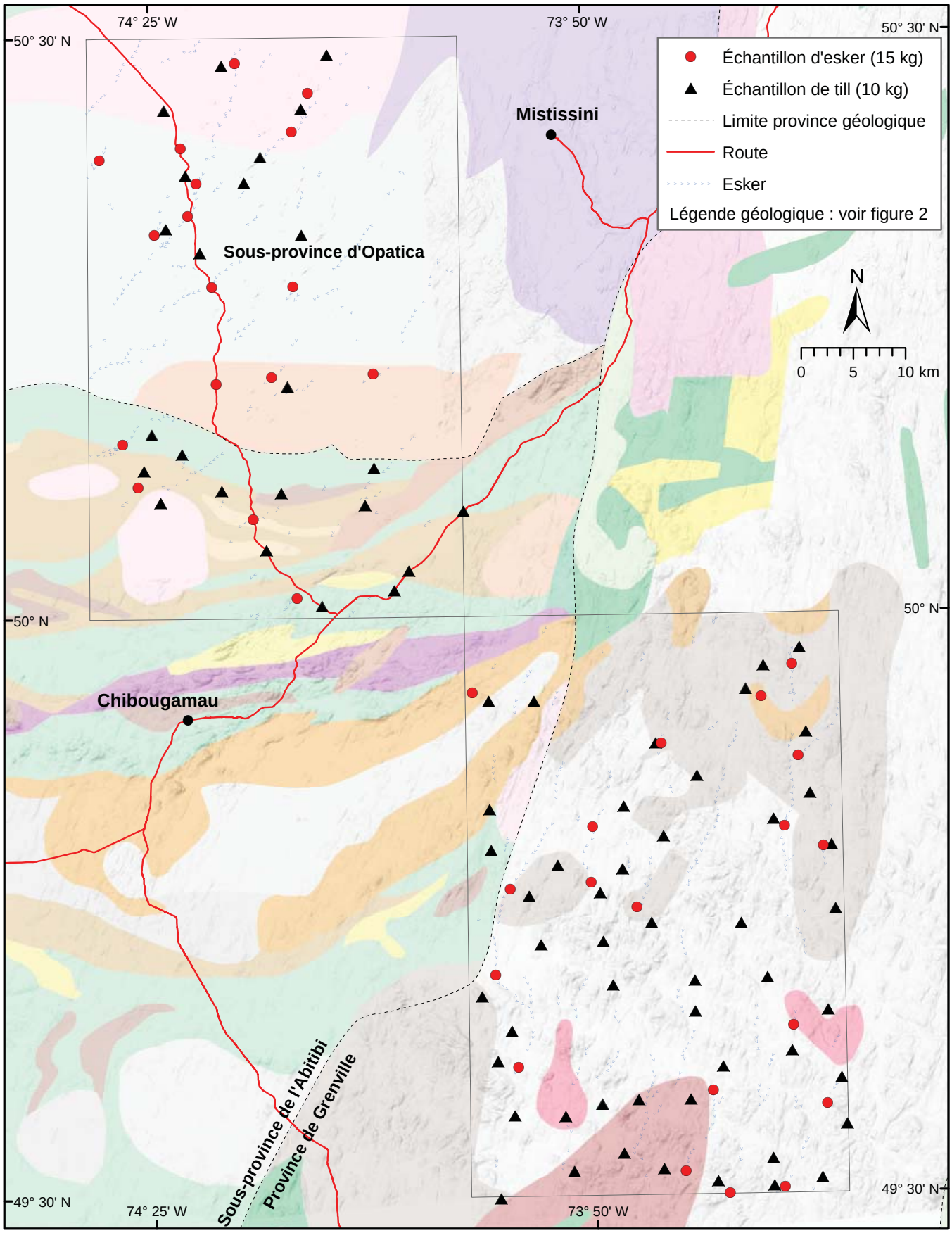


FIGURE 7 - Répartition des échantillons prélevés au cours de l'été 2014.

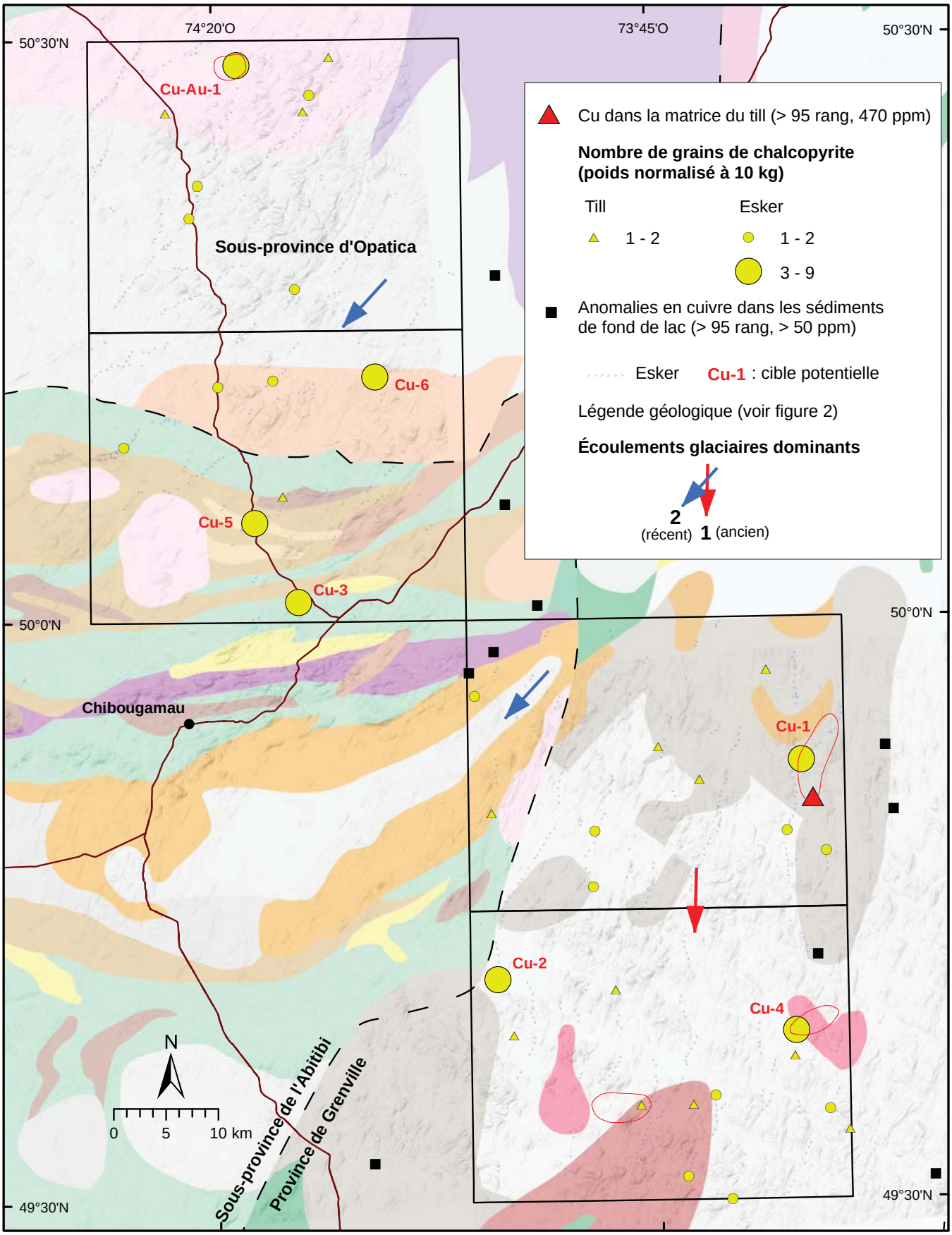


FIGURE 8 - Potentiel en cuivre dans la région d'étude.

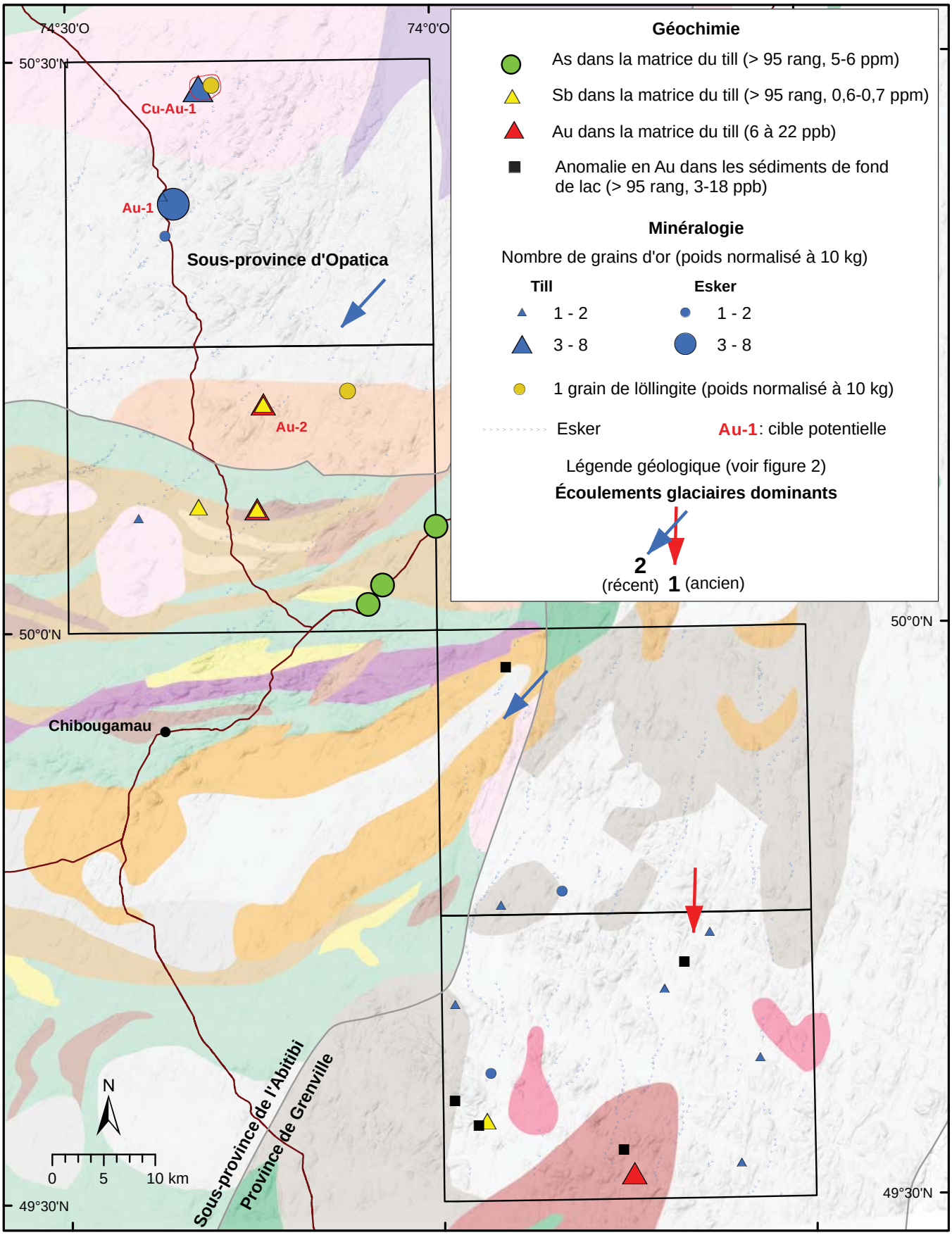


FIGURE 9 - Potentiel en or dans la région d'étude.

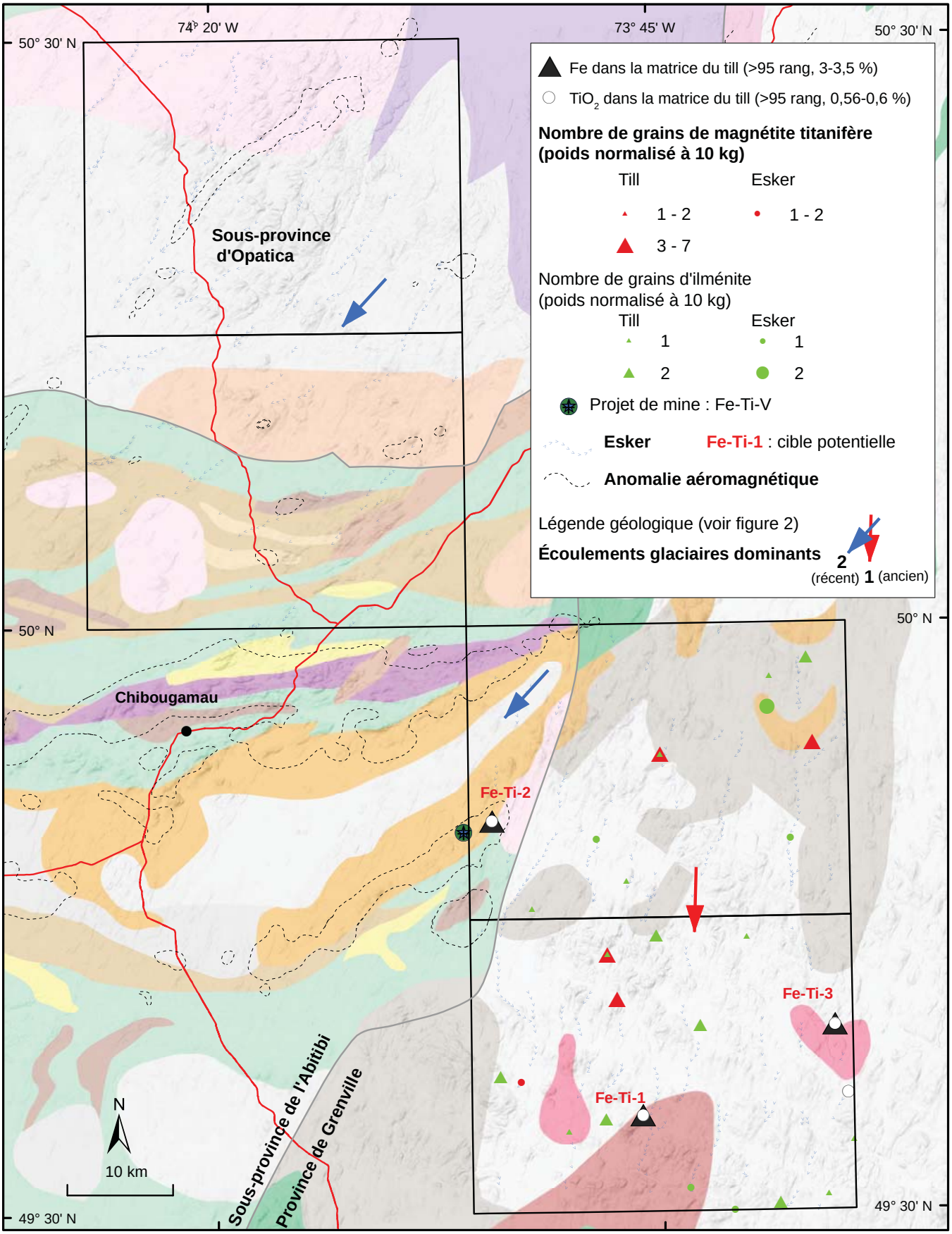


FIGURE 10 - Potentiel en fer-titane-vanadium dans la région d'étude.

les teneurs totales obtenues sont faibles et ne dépassent pas 132 ppm.

Vingt-trois grains d'ilménite niobifère ont été détectés dans quelques échantillons de till et d'eskers (un à deux grains par échantillon). L'enrichissement en niobium est généralement associé à des intrusions alcalines ou à des pegmatites (Groulier *et al*., 2013; Fournier, 2015 dans El Amrani et Lamarche, 2016; Solgadi *et al*., 2015).

Potentiel en kimberlite

Les kimberlites sont reconnues comme étant la principale roche hôte des diamants au Québec (Beaumier et *al.*, 1993; Beaumier, 2000; Moorhead *et al*., 2000; McClenaghan et Kjarsgaard, 2007). Afin d'évaluer le potentiel en diamant de la région étudiée, les minéraux indicateurs de kimberlite ont été systématiquement récupérés et analysés. Les résultats obtenus ont révélé la présence de 184 grains d'origine possiblement kimberlitique (Fournier, 2015 dans El Amrani et Lamarche, 2016) : un grain de pyrope lherzolitique, huit picroilménites, une ilménite chromifère, une forstérite calcique, 98 kosmochlors et 75 omphacites. Les kosmochlors et les omphacites pourraient également provenir d'une écaille éclogitique ou catazonale (Fournier, 2015 dans El Amrani et Lamarche, 2016).

D'après les diagrammes de Wyatt *et al*. (2004) et de McClenaghan et Kjarsgaard (2007) (figure 11), les huit grains de picroilménites identifiés sont riches en Mg (MgO > 4 %) et seuls deux grains sont typiques des ilménites associées aux kimberlites.

Les grenats présentant un intérêt pour l'exploration du diamant sont riches en Cr (Cr_2O_3 > 1 %), pauvres en Ca (CaO < 3,75 %) et riches en Na (Na_2O > 0,07 %) (Gurney, 1984; Fipke et *al.*, 1989, 1995; Grütter et Quadling, 1999; Grütter *et al*., 2004). Les grenats analysés sont pour la plupart éclogitiques et aucun d'eux ne semble avoir une origine kimberlitique (figure 12).

Six grains de spinelle et cinq de chromite ont été récupérés. Les analyses indiquent qu'ils sont pauvres en Cr (Cr_2O_3 < 61 %) et en Mg (MgO < 10 %) et qu'ils ne sont pas d'origine kimberlitique (Gurney, 1984; Fipke *et al*., 1995).

Les pyroxènes en association avec d'autres minéraux indicateurs peuvent être utiles pour l'exploration du diamant. Les clinopyroxènes associés aux péridotites à grenat et les diopsides chromifères riches en Na sont les plus recherchés (Ramsey et Tompkins, 1994; Morris *et al*., 2000). Dans le secteur d'étude, en raison de l'absence de grenat pyrope et de la rareté des picroilménites, les pyroxènes ne constituent pas de bons indicateurs de kimberlite puisqu'ils peuvent provenir de sources variées. Il est à noter également que les omphacites récupérées ont été détectées exclusivement dans les échantillons issus du Parautochtone du Grenville. Ces minéraux de même que les grenats éclogitiques proviendraient d'une source non kimberlitique correspondant probablement à une roche métamorphisée à un faciès de haute pression analogue au gabbro éclogitique rapporté dans le secteur du réservoir Manicouagan (Indares, 1993).

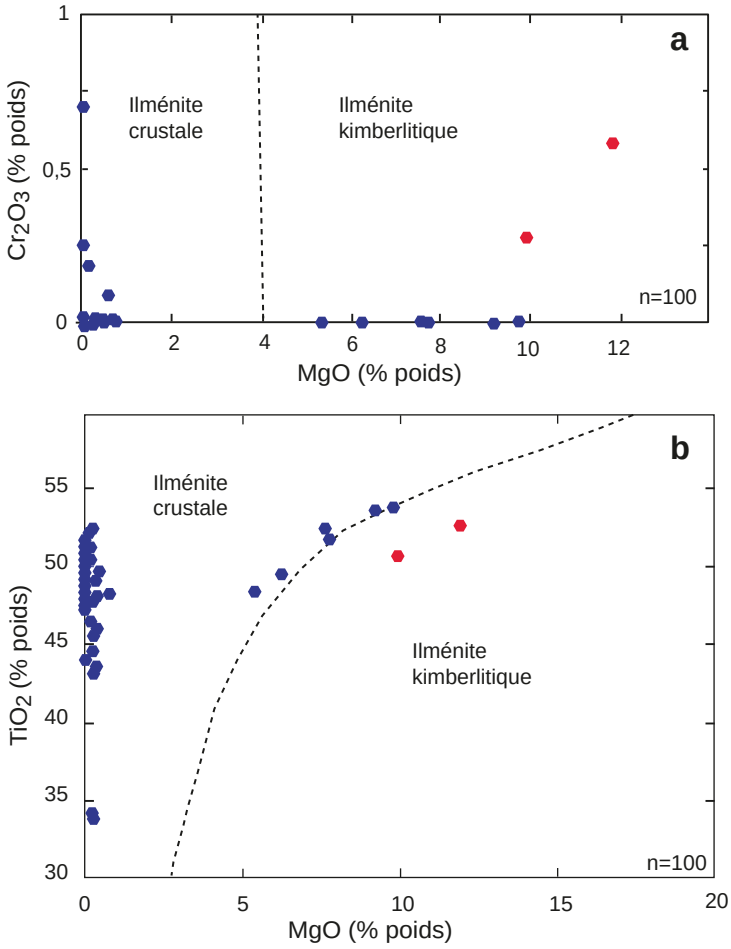
Comme les pyroxènes, les olivines doivent être associées à d'autres minéraux indicateurs pour représenter de bons indicateurs de kimberlite. Les 954 grains d'olivine analysés sont de composition magnésienne (38 < Fo < 89), mais ne sont pas caractéristiques des olivines associées aux kimberlites diamantifères (Fo > 95; Morris *et al*., 2000). Quatre-vingt-dix grains d'olivine sont riches en Mg (Fo > 78) et anormalement appauvris en Ni (< 3000 ppm), ce qui pourrait indiquer la proximité d'intrusions ultramafiques minéralisées en sulfures massifs enrichis en Ni (Burnham *et al*., 2003; Mathieu, 2015; McClenaghan *et al*., 2011).

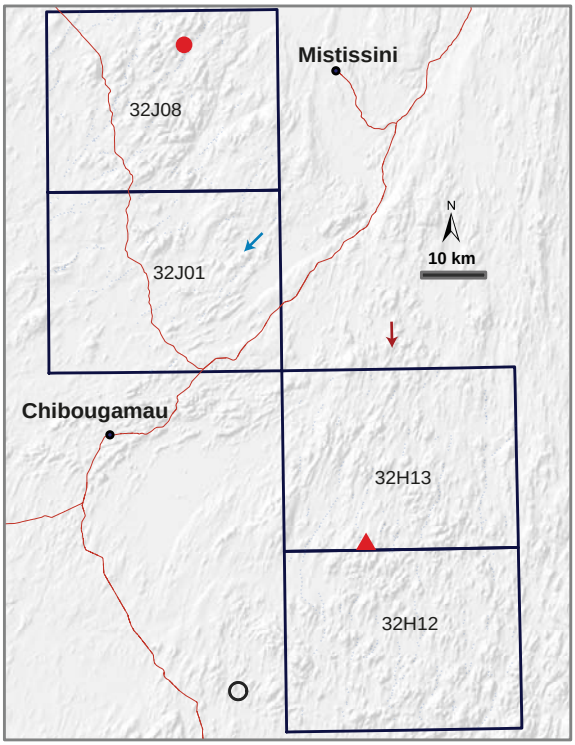
CONCLUSION

Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet ont permis de cartographier les formes et les formations quaternaires au nord et à l'est de la ville de Chibougamau (feuillets SNRC 32H12, 32H13, 32J01, 32J08) et de déterminer les principales phases d'écoulement responsables de leur mise en place.

L'analyse de la composition géochimique de la fraction fine des tills et du contenu en minéraux indicateurs des tills et des sédiments d'eskers a permis d'évaluer le potentiel minéral et de mettre en évidence des possibles indices de cuivre, d'or et de fer-titane. Le potentiel diamantifère de la région est faible.

Les données présentées dans ce rapport constituent les premiers résultats d'une série de levés prévus par le Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles du Québec dans le Moyen Nord du Québec. Ces levés vont se poursuivre jusqu'en 2021 et permettront de combler le manque de connaissances sur les dépôts quaternaires et d'évaluer le potentiel minéral de ce territoire.





c

Carte de localisation

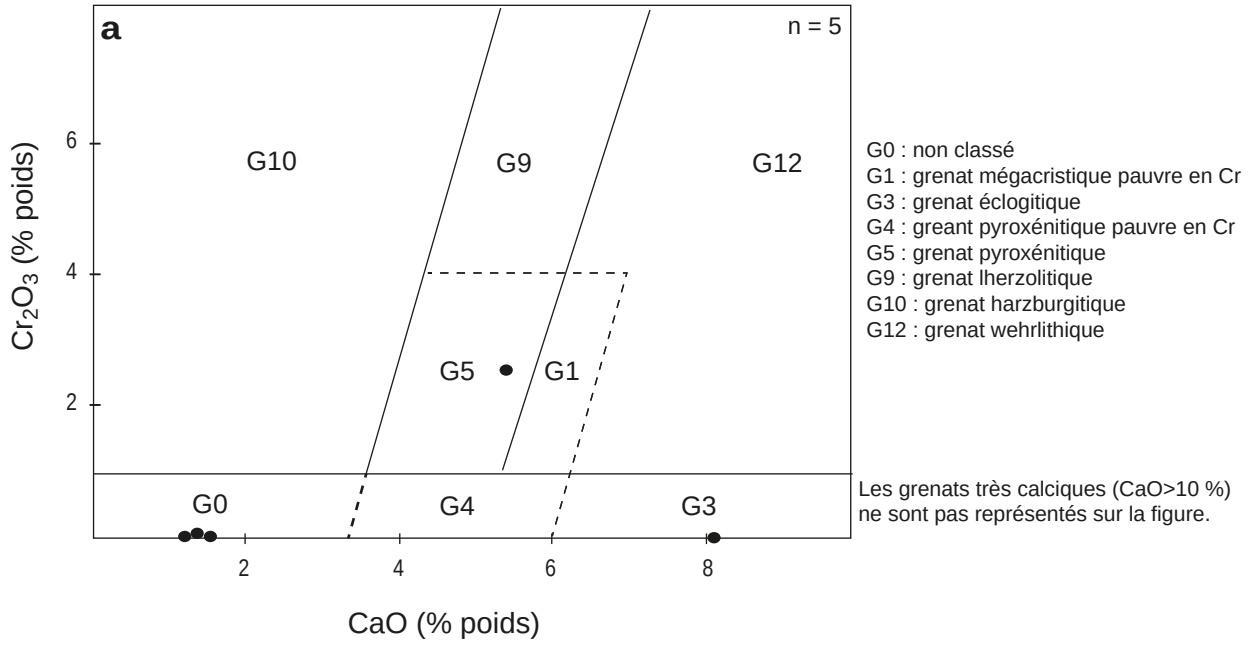
Ilménite_Mg potentiellement kimberlitique (grains/10 kg)

- 1 (esker)
- 1 (till)
- Anomalie circulaire de Keating (lac du Cacao)
- Esker

Écoulements glaciaires dominants

Récent / Ancien

FIGURE 11 - Diagrammes Cr_2O_3 versus MgO (a) et TiO_2 versus MgO (b) permettant de discriminer les ilménites associées aux kimberlites (Wyatt *et al.*, 2004; McClenaghan et Kjarsgaard, 2007). (c) Localisation des grains d'ilménite magnésienne.



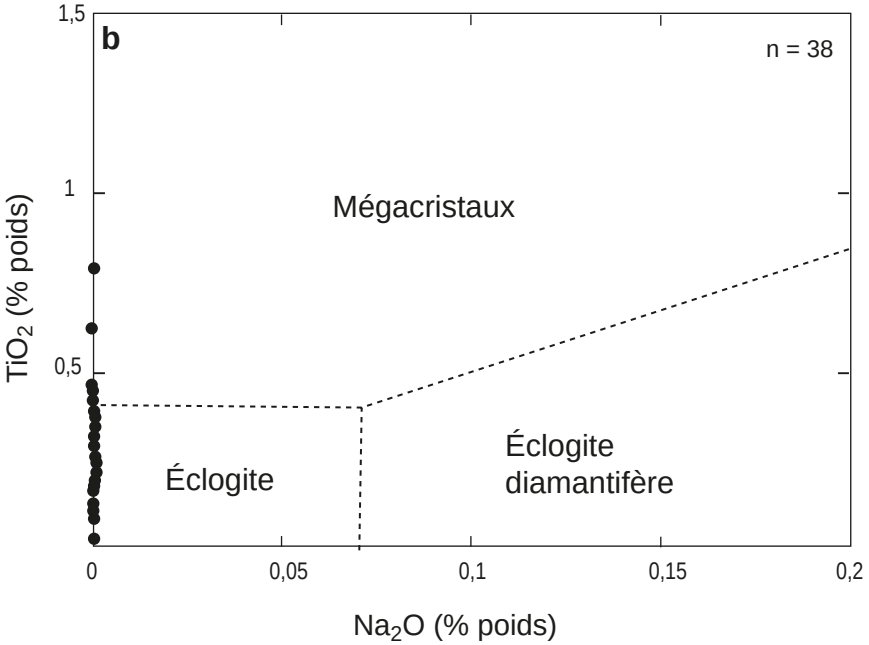


FIGURE 12 - Diagrammes Cr_2O_3 versus CaO (a) et TiO_2 versus Na_2O (b) dans les grenats permettant de discriminer les grenats associés aux kimberlites (Dawson et Stephens 1975; Schulze, 1997; Grütter *et al.*, 2004).

RÉFÉRENCES

ALLARD, G.O. – CATY, J.-L. – CHOWN, E.H. – CIMON, J. – GOBEIL, A. – BAKER, D., 1979 – Stratigraphie et métallogénie de la région de Chibougamau. Association géologique du Canada et Association minéralogique du Canada; livret-guide de l'excursion B-l, 95 pages.

AVERILL, S.A., 1988 – Regional variations in the gold content of till in Canada. *In*: Prospecting in Areas of Glaciated Terrain – 1988 (MacDonald, D.R. and Mills, K.A., editors). Canadian Institute of Mining and Metallurgy; pages 271-284.

AVERILL, S.A. – HOLMES R.S., 2004 – Evaluation of the Mineral Potential of the Metamorphosed Eastern Extension of the Chibougamau Mining District Using Indicator Minerals from Till Samples. Overburden Drilling Management Ltd, rapport statutaire déposé au Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; GM 60743, 112 pages.

BANDYAYERA, D. – CADÉRON, S. – HOULE, P. – SHARMA, K.N.M., 2005 – Géologie de la région du lac Mitshisso (SNRC 32H/13). Ministère des Ressources naturelles, Québec; RP 2005-04, 12 pages.

BEAUDRY, L.M. – PRICHONNET, G., 1991 – Late glacial De Geer moraines with glaciofluvial sediment in the Chapais area, Québec (Canada). Boreas; volume 20, pages 377-394.

BEAUDRY, L.M. – PRICHONNET, G., 1995 – Formation of De Geer moraines deposited subglacialy, central Québec. Géographie physique et Quaternaire; volume 49, pages 337-361.

BEAUMIER, M., 2000 — Kimberlites et le potentiel diamantifère dans le Grand-Nord : comparaison avec la région du Lac De Gras. *Dans* : Rapport d'atelier, avril 5-6, 2000. Charlesbourg, Québec. Rapport nº 2. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 2001-03, pages 5-12.

BEAUMIER, M. – LASALLE P. – LASALLE Y. – WARREN, B., 1993 — Minéraux indicateurs de kimberlite dans les eskers du Nord-Ouest québécois. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 93-60, 1 carte annotée.

BISSON, L., 1987 – Géologie des dépôts quaternaires du canton de Scott, Chibougamau, Québec; avec applications à la prospection minérale. Université du Québec à Montréal; mémoire de maîtrise, 182 pages.

BOUCHARD, M.A. – CADIEUX, B. – GOUTIER, F., 1984 – L'origine et les caractéristiques des lithofaciès du till dans le secteur nord du lac Albanel, Québec : une étude de la dispersion glaciaire clastique. Institut canadien des Mines, de la Métallurgie et du Pétrole; Special volume 34, pages 244-260.

BOUCHARD, M.A. – MARTINEAU G., 1985 - Southeastward ice flow in central Québec and its paleogeographic significance. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 22, pages 1536-1541.

BURNHAM, O.M. – HALDEN, N. – LAYTON-MATTHEWS, D. – LESHER, C.M. – LIWANAG, J. – HEAMAN, L. – HULBERT, L. – MACHADO, N. – MICHALAK, D. – PACEY, M. – PECK, D.C. – POTREL, A. – THEYER, P. – TROOPE, K. – ZWANZIG, H.V., 2003 – CAMIRO Project 97E-02 : Thompson Nickel Belt. Canadian Mining Industry Research Organization (CAMIRO); unpublished final report, March 2002.

CADIEUX, B., 1986 – La dispersion glaciaire des fragments de roche dans la région du lac Mistassini, Québec. Université de Montréal; mémoire de maîtrise, 146 pages.

CATY, J.-L., 1976 – Région du lac Mistassini, Québec : stratigraphie et sédimentologie de la formation de Papaskwasati. Ministère des Richesses naturelles, Québec; DPV 423, 270 pages.

DAIGNEAULT, R. – ALLARD, G.O., 1990. Le Complexe du Lac Doré et son environnement géologique, région de Chibougamau, Sous-province de l'Abitibi. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MM 89-03, 286 pages.

DAOUDENE, Y. – LECLERC, L. – TREMBLAY A., 2016 – Une histoire tectono-métamorphique commune et de longue durée pour les sous-provinces d'Abitibi et d'Opatica, Province du Supérieur, Québec, Canada. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; MB 2016-01, 43 pages.

DAWSON, J.B. – STEPHENS, W.E., 1975 – Statistical classification of garnets from kimberlite and associated xenoliths. The Journal of Geology; volume 83, pages 589-607.

DE CORTA, H., 1984 – Dépôts meubles de la région des lacs Rohault et Boisvert. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 84-52, 2 plans.

DE CORTA, H., 1988 – Les dépôts quaternaires de la région lac Rohault-Boisvert (sud de Chibougamau) : aspect de la dispersion glaciaire clastique. Université du Québec à Montréal; mémoire de maîtrise, 112 pages.

DILABIO, R.N.W., 1976 – Glacial dispersal of rocks and minerals in the Lake Mistassini-Lake Waconichi area, Québec, with special reference to the Icon dispersal train. University of Western Ontario; Ph.D. thesis, 174 pages.

DILABIO, R.N.W., 1981 – Glacial dispersal of rocks and minerals at the south end of Lac Mistassini, Québec, with special reference to the Icon dispersal train. Geological Survey of Canada; Bulletin 323, 46 pages.

DILABIO, R.N.W., 1990 – Classification and interpretation of the shapes and surface textures of gold grains from till on the Canadian Shield. *In:* Current Research, Part C. Geological Survey of Canada; Paper, 90-1 C, pages 323-329.

DIONNE, J.-C., 1986 – Blocs de dolomie à stromatolithes sur les rives de l'estuaire du Saint-Laurent, Québec. Géographie physique et Quaternaire; volume 40, pages 93-98.

DIONNE, J.-C., 2001 – Erratiques de dolomie au cap Colombier, sur la Haute Côte-Nord du Saint-Laurent estuarien. Géographie physique et Quaternaire; volume 55, pages 101-107.

DIONNE, J.-C. – BERNATCHEZ, P., 2000 – Les erratiques de dolomie sur le rivage des Escoumins, côte nord de l'estuaire maritime du Saint-Laurent, Québec. Atlantic Geology; volume 36, pages 117-129.

EL AMRANI, M. – LAMARCHE, O., 2016 – Géochimie et minéraux indicateurs des sédiments glaciaires et fluvioglaciaires dans la région de Chibougamau. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; DP 2016-03, 3 pages.

FIPKE, C.E. – GURNEY, J.J. – MOORE, R.O. – NASSICHUK, W.W., 1989 – The development of advanced technology to distinguish between diamondiferous and barren diatremes. Geological Survey of Canada; Open File 2124, 90 pages.

FIPKE, C.E. – GURNEY, J.J. – MOORE R.O., 1995 – Diamond exploration techniques emphasising indicator mineral geochemistry and canadian examples. Geological Survey of Canada; Bulletin 423, 86 pages.

FOURNIER, N., 2015 – Concentration et analyse de minéraux lourds provenant de sédiments glaciaires 2014, projet n° 117840527-2014-01, Chibougamau. IOS Services Géoscientifiques, rapport inédit soumis au ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec, 36 pages [publié dans El Amrani et Lamarche, 2016].

GROULIER, P.A. – OHNENSTETTER, D. – ANDRÉ-MAYER, A.S. – SOLGADI, F. – MOUKHSIL, A. – ZEH A., 2013 – L'Intrusion alcaline de Crevier minéralisée en Nb-Ta-ETR : nouvelles données géochronologiques, isotopiques, géochimiques et minéralogiques. Affiche présentée au 34e Congrès de Québec Mines, carrefour des géosciences et des ressources minérales, Québec, Canada, 11-14 novembre. Ministère des Ressources naturelles, Québec; DV 2014-03, page 53.

GRÜTTER, H.S. – QUADLING, K.E., 1999 – Can sodium in garnet be used to monitor eclogitic diamond potential? *In:* The J.B. Dawson Volume, Proceedings of the VIIth International Kimberlite Conference, Cape Town (Gurney, J.J., Gurney, J.L., Pascoe, M.D., and Richardson, S.H., editors). Red Roof Design; pages 314-320.

GRÜTTER, H.S. – GURNEY, J.J. — MENZIES, A.H. – ANDWINTER, F., 2004 – An updated classification scheme for mantle-derived garnet, for use by diamond explorers. Lithos; volume 77, pages 841-857.

GURNEY, J.J., 1984 – A correlation between garnets and diamonds in kimberlite. *In:* Kimberlite occurrence and origin: A basis for conceptual models in exploration (Glover, J.E. and Harris, P.G., editors). Geology Department and University Extension, University of Western Australia; Publication vol. 8, pages 143-166.

HAMILTON, M.A., 2009 – Datation isotopique (U-Pb) d'un diabase de l'essaim de dykes Mistassini, Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec; MB 2009-17, 13 pages.

HARDY, L., 1982 – La moraine frontale de Sakami, Québec subarctique. Géographie physique et Quaternaire; volume 36, pages 51-61.

HOCQ, M., 1994 – Géologie du Québec. Les Publications du Québec, 154 pages.

INDARES, A. 1993 – Eclogitized gabbros from the eastern Grenville Province: textures, metamorphic context and implications. Canadian Journal of Earth Sciences; volume 30, pages 159–173.

LECLERC, F. – BÉDARD, J.H. – HARRIS, L.B. – GOULET, N. – HOULE, P. – ROY, P., 2008 – Nouvelles subdivisions de la Formation de Gilman, Groupe de Roy, région de Chibougamau, Sous-province de l'Abitibi, Québec : résultats préliminaires. Commission géologique du Canada; Recherches en cours 2008-7, 23 pages.

LECLERC, F. – ROY, P. – HOULE, P. – PILOTE, P. – BEDARD, J.H. – HARRIS, L.B. – MCNICOLL, V.J. – VAN BREEMEN, O. – DAVID, J. – GOULET, N., 2017 – Géologie de la région de Chibougamau. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; RG 2015-03, 97 pages, 3, plans.

LEVASSEUR, D., 1993 – Les eskers de la région de Chapais (Québec) : caractéristiques générales et dispersion fluvioglaciaire clastique des éléments grossiers. Université du Québec à Montréal; mémoire de maîtrise, 140 pages.

LEVASSEUR, D. – PRICHONNET, G., 1995 – La dispersion clastique des débris rocheux dans les eskers et le till adjacent de la région de Chapais-Chibougamau (Québec) au Wisconsinien supérieur. Revue canadienne des Sciences de la Terre; volume 32, pages 590-602.

LONG, D.G.F., 1973 – The Stratigraphy and Sedimentology of the Chibougamau Formation. University of Western Ontario; Ph.D. thesis, 305 pages.

MARTINEAU, G., 1983 – Géologie du Quaternaire, région de Chibougamau. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; DP 83-39, 17 pages.

MARTINEAU, G., 1984 – Géologie du Quaternaire de région de Chibougamau. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; ET 83-20, 21 pages.

MARTINEAU, G. – BOUCHARD, M.A. – LACROIX, P., 1984 – Aspects de la géologie du Quaternaire de Chibougamau. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec; MB 84-13, 24 pages.

MATHIEU, L. 2015 – Minéraux indicateurs : grenat, pyroxène, spinelle, tourmaline, olivine et autres. CONSOREM; projet 2013-01, 27 pages.

MAURICE, Y. – BEAUMIER, M. – PARADIS, S., 1995 – Étude minéralogique et géochimique de la fraction lourde du till, région du Lac Surprise (Chibougamau), Québec — SNRC 32G/07. Commission géologique du Canada; Dossier Public 3196.

McCLENAGHAN, M.B., 2001 – Regional and local scale gold grain and till geochemical signatures of lode Au deposits in the western Abitibi Greenstone Belt, central Canada; *In:* Drift Exploration in Glaciated Terrain (McClenaghan, M.B., Bobrowsky, P.T., Hall G.E.M, and Cooke, S.J., editors). Geological Society of London; Special Publication 185, pages 201-224.

McCLENAGHAN, M.B., – KJARSGAARD, B.A., 2007 – Indicator mineral and surficial geochemical exploration methods for kimberlite in glaciated terrain; Examples from Canada. *In:* Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods (Goodfellow, W.D., editor). Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division; Special Publication No. 5, pages 983-1006.

McCLENAGHAN, B., 2011 – Overview of common processing methods for recovery of indicator minerals from sediment and bedrock in mineral exploration. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis; volume 11, pages 265-278.

McCLENAGHAN, M.B. – AVERILL, S.A. – KJARSGAARD, I.M. – LAYTON-MATTHEWS, D. – MATILE, G., 2011 – Till indicator mineral and geochemical signatures of magmatic Ni-Cu deposits, Thompson Nickel Belt, central Canada. Geochemistry Exploration Environment Analysis; volume 11, pages 145-159.

MOORHEAD, J. – PERRAULT, S. – BERCLAZ, A. – SHARMA, K.N.M. – BEAUMIER M. – CADIEUX, A.-M., 2000. Kimberlites et diamants dans le Nord du Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec; PRO 2000-05, 9 pages.

MORIN, R. – PILOTE P. – GOSSELIN, C., 1999 – Potentiel minéral du district minier de Chibougamau. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; PRO 99-02, 13 pages.

MORRIS, T.F. – SAGE, R.P. – CRABTREE, D.C. – PITRE, S.A., 2000 – Kimberlite, base metal, gold and carbonatite exploration targets, derived from overburden heavy mineral data, Killala lake area, northwestern Ontario. Ontario Geological Survey; Open File Report 6013, 107 page.

NORMAN, G.W.H., 1938 – The last Pleistocene ice-front in Chibougamau district, Québec, Transactions of the Royal Society of Canada; volume 32, section IV, pages 69-86.

PARADIS, S.J., 2004 – Géologie des formations en surface, Lac Chibougamau, Municipalité de Chibougamau, Québec. Commission géologique du Canada; carte 2062 A, échelle 1/100 000.

PARADIS, S.J. – BOISVERT, E., 1995 – Séquence des écoulements glaciaires dans le secteur de Chibougamau-Nemiscau, Québec. Commission géologique du Canada; Recherches en cours, 1995-C, pages 259-264.

PARENT, M. – PARADIS, S.J. – BOIVIN, R., 2010. Formations superficielles : légende et notes descriptives — 1/50 000 à 1/125 000, Version 11. Commission géologique du Canada; inédit.

PRICHONNET, G. – MARTINEAU G. – BISSON L., 1984 – Les dépôts quaternaires de la région de Chibougamau, Québec. Géographie physique et Quaternaire; volume 38, pages 287-304.

PRICHONNET, G. – BEAUDRY, L.M., 1990 – Évidence d'un écoulement glaciaire sud, antérieur à l'écoulement sud-ouest du Wisconsinien supérieur, région de Chapais, Québec. *Dans* : Recherches en cours. Partie C. Commission géologique du Canada, Étude 90-1C, pages 331-338.

RAMSEY, R.R. – TOMPKINS, L.A., 1994 – The geology, heavy mineral concentrate mineralogy, and diamond prospectivity of Boa Esperanca and Cana Verde pipes, Corrego D'anta, Minas Gerais, Brazil. *In :* Kimberlites, Related Rocks and Mantle Xenoliths, Proceedings of the 5th International Kimberlite Conference (Meyer, H.O.A. and Leonardos, O.H., editors). Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais; CPRM Special Publication, pages 329-345.

SAINT-HILAIRE, C., 2015 – Pétrologie et géochimie des blocs erratiques à löllingite de lac trieste, Baie-James. Université Laval; mémoire de maîtrise, 120 pages.

SCHULZE, D.J., 1997 – The significance of eclogite and Cr-poor megacryst garnets in diamond exploration: Exploration and Mining Geology; volume 6, pages 349-366.

SOLGADI, F. – GROULIER, P.-A. – MOUKHSIL, A. – OHNENSTETTER, D. – ANDRÉ-MAYER, A.-S. – ZEH, A., 2015 – Nb-Ta-REE mineralization associated with the Crevier alkaline intrusion. *In*: , Symposium on Strategic and Critical Materials Proceedings, November 13-14, 2015, Victoria, British Columbia (Simandl, G.J. and Neetz, M., editors). British Columbia Ministry of Energy and Mines; British Columbia Geological Survey Paper 2015-3, pages 69-74.

SPIRITO, W.A. – McCLENAGHAN, M.B. – PLOUFFE, A. – MCMARTIN, I. – CAMPBELL, J.E. – PAULEN, R.C. – GARRETT, R.G. – HALL, G.E.M,. 2011 – Till Sampling and Analytical Protocols for GEM Projects : from field to archive. Geological Survey of Canada, Open File 6850, 83 pages. doi : 10.4095/288 752.

THÉRIAULT, R. – BEAUSÉJOUR, S., 2012 – Carte géologique du Québec. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, Québec; DV 2012-06, 8 pages, carte hors texte.

TOMKINS, A.G. – MAVROGENES, J.A., 2001 – Redistribution of gold within arsenopyrite and löllingite during pro- and retrograde metamorphism: application to timing of mineralization: Economic Geology; volume 96, pages 525-534.

TOWNLEY, B.K. – HÉRAIL G. – MAKSAEV V. – PALACIOS C. – PARSEVAL PH. – SEPULVEDA F. –ORELLANA R. – RIVAS P. – ULLOA C., 2003 – Gold grain morphology and composition as an exploration tool: application to gold exploration in covered areas. Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis; volume 3, pages 29-38.

VALLIÈRES, M., 2012 – Des mines et des hommes : histoire de l'industrie minérale québécoise, des origines à aujourd'hui, Ministère des Ressources naturelles, Québec; 319 pages.

VEILLETTE J.J., 1999 – Les erratiques protérozoïques du lac Mistassini : un traceur exceptionnel. Bulletin de l'AQQUA; volume 25, pages 22.

VEILLETTE, J.J., 2004 – Ice-Flow Chronology and Palimpsest, Long-Distance Dispersal of Indicator Clasts, North of the St. Lawrence River Valley, Québec. Géographie physique et Quaternaire; volume 58, pages 187-216.

VEILLETTE, J.J. – POMARES, J.-S., 1991 – Older ice flows in the Matagami-Chapais area, Québec. *In:* Current Research, Part C. Geological Survey of Canada; Paper 91-1C, pages 143-148.

VINCENT, J.S. – HARDY, L., 1977 – L'évolution et l'extension des lacs glaciaires Barlow et Ojibway en territoire québécois, Géographie physique et Quaternaire; volume 31, pages 357-372.

VINCENT, J.S. – HARDY, L., 1979 – The evolution of glacial lakes Barlow and Ojibway in Québec and Ontario. Geological Survey of Canada; Bulletin 316, 18 pages.

WARREN, B., 1974 – Dépôts meubles de la région de la Baie-du-Poste, comtés d'Abitibi-est et de Roberval, Ministère des Richesses naturelles, Québec; DP 267, 8 pages.

WYATT, B.A. – BAUMGARTNER, M. – ANCKAR, E. – GRÜTTER, H., 2004 – Compositional classification of kimberlitic and non-kimberlitic ilmenite. Lithos; volume 77, pages 819-840.

YANGA, S.X. – BLUMB N., 1999 – Arsenic as an indicator element for gold exploration in the region of the Xiangxi Au–Sb–W deposit, NW Hunan, PR China. Journal of Geochemical Exploration; volume 66, pages 441-456.

ZHU, Y.F. – AN F. - TAN J., 2011 – Geochemistry of hydrothermal gold deposits: A review, Geoscience Frontiers; volume 2, pages 367–374.

ANNEXE – Photographies



Photo1 – Exemple de till de fond compact et fissile.



Photo 2 – Argiles silteuses glaciolacustres massives.



Photo 3 - Surface rocheuse montrant un mouvement glaciaire ancien orienté vers le SE (135°, surface protégée inclinée vers le SW) recoupé par un autre mouvement plus récent de direction SW (215°).

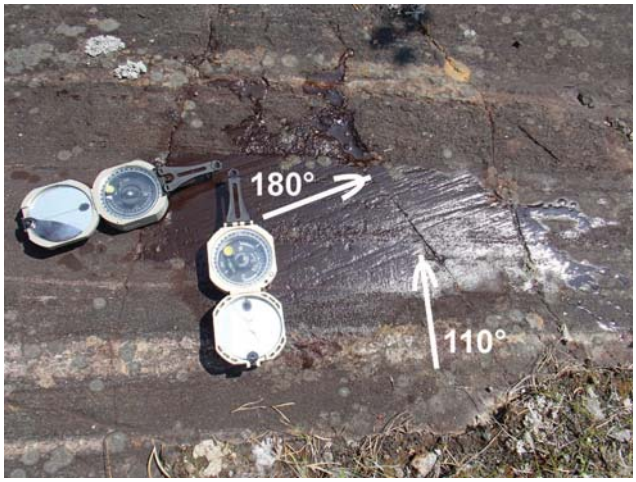


Photo 4 - Surface rocheuse illustrant un mouvement glaciaire vers 110° recoupé par un mouvement récent d'orientation 180°.

ANNEXE – Photographies (suite).



Photo 5 - Vue aérienne verticale montrant un paysage de formes de terrain fuselées de direction NNE-SSW.



Photo 6 - Erratique de varvite (Formation de Chibougamau).



Photo 7 - Erratique de dolomie (Formation d'Albanel).



Photo 8 - Erratique de dolomie à stromatolithes (Formation d'Albanel).

Résumé

Ce rapport présente les résultats des travaux de cartographie des dépôts quaternaires réalisés au cours de l'été 2014 dans la région de Chibougamau. La région a été subdivisée en deux secteurs : le secteur nord-ouest qui est à cheval sur les sous-provinces d'Opatica et de l'Abitibi (feuillets SNRC 32J01 et 32J08) et le secteur sud-est localisé à la limite de la Sous-province de l'Abitibi et du Parautochtone de la Province de Grenville (SNRC 32H12 et 32H13).

Ces travaux ont permis d'identifier une suite de six écoulements glaciaires : SE, SSE, S, SSW, SW et WSW. L'écoulement vers le SE est le plus ancien, tandis que l'écoulement vers l'WSW représente le plus récent. Les écoulements SSE et NS ont été mis en évidence uniquement dans le secteur sud-est où la topographie semble exercer un contrôle sur les mouvements glaciaires. La chronologie relative de ces mouvements semble indiquer un déplacement progressif de l'ouest vers l'est du centre de dispersion ou de la ligne de partage glaciaire du secteur Labrador-Québec de l'Inlandsis laurentidien.

La couverture sédimentaire quaternaire de la région d'étude semble avoir été mise en place lors de la dernière glaciation wisconsinienne et au cours de l'Holocène. La nature des dépôts glaciaires est caractérisée par des faciès de till de fond et de till de fusion, localement remaniés en surface par les eaux du Lac glaciaire Ojibway.

Les dépôts fluvioglaciaires sont concentrés dans les vallées et regroupent des dépôts juxtaglaciaires et des dépôts d'épandage proglaciaires (subaériens et subaquatiques). Un réseau assez dense d'eskers et de formes fuselées allongées suivant une direction dominante NE-SW marquent le paysage à plusieurs endroits. Le secteur nord-ouest a été libéré des masses de glace au contact des eaux du Lac Ojibway, ce qui semble avoir accéléré le retrait de la marge glaciaire par vêlage. Dans le secteur sud-est, le retrait s'est fait par la fonte du glacier en milieu subaérien. Le retrait rapide avec des pauses relativement courtes a permis d'édifier quelques moraines mineures ordonnées plus ou moins perpendiculairement aux eskers. La topographie du socle a exercé une grande influence sur le retrait du glacier dans le secteur sud-est.

Quelques dépôts glaciolacustres littoraux et des faciès d'eaux profondes attribués au Lac Ojibway ont été observés par endroits dans le secteur nord-ouest.

Les sédiments postglaciaires sont représentés par des alluvions (anciennes et récentes), des dépôts lacustres, des dépôts éoliens et des dépôts de versant, notamment des éboulis. Le drainage perturbé de certains secteurs a favorisé le développent de larges tourbières.

Au total, 79 analyses géochimiques de la fraction fine du till et 116 analyses de minéraux indicateurs du till et de sédiments d'eskers ont été réalisées. Les résultats indiquent que la région cartographiée renferme des indices de minéralisation en Cu, Au, Fe-Ti et un potentiel diamantifère faible.



Énergie et Ressources naturelles
Québec