



Commission géologique du Canada

RECHERCHES ON COURS
2007-C4

Principaux résultats d'un levé électromagnétique à dimension temporelle réalisé dans la région de Chibougamau-Chapais, au Québec

P. Keating, P. Houle et R. Dumont

2007



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

RECHERCHES EN COURS

©Sa Majesté la Reine du chef du Canada 2007

ISSN 1701-4387

N° de catalogue M44-2007/C4F-PDF

ISBN 978-0-662-09848-5

Les bibliothèques de dépôt d'un bout à l'autre du pays ont accès à la présente publication par l'intermédiaire du site Web du Programme des services de dépôt (<http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca>)

Pour un téléchargement gratuit de la version numérique de ce document, voir le site GéoPub : http://geopub.nrcan.gc.ca/index_f.php

Sans frais (au Canada et aux É.-U.) : 1-888-252-4301

Lecture critique

G. Bellefleur

Auteurs

P. Keating

(pkeating@nrcan.gc.ca)

Commission géologique du Canada

615, rue Booth

Ottawa (Ontario) K1A 0E9

P. Houle

(Patrick.Houle@mrnf.gouv.gc.ca)

Ministère des Ressources naturelles

et de la Faune du Québec

375, 3^e rue

Chibougamau (Québec) G8P 1N4

R. Dumont

(Rdumont@nrcan.gc.ca)

Commission géologique du Canada

615, rue Booth

Ottawa (Ontario) K1A 0E9

Approbation de publication : CGC-Centre du Canada

Corrections faites le

Les demandes de permission pour reproduire cet article, en tout ou en partie, à des fins d'utilisation commerciale, de vente ou de redistribution doivent être adressées à la Division de la diffusion des données, pièce 290C, 601, rue Booth, Ottawa (Ontario) K1A 0E8.

Principaux résultats d'un levé électromagnétique à dimension temporelle réalisé dans la région de Chibougamau-Chapais, au Québec

P. Keating, P. Houle et R. Dumont

Keating, P., Houle, P. et Dumont, R., 2007 : Principaux résultats d'un levé électromagnétique à dimension temporelle réalisé dans la région de Chibougamau-Chapais, au Québec; Commission géologique du Canada, Recherches en cours 2007-C4, 10 p.

Résumé : Un levé électromagnétique aéroporté de type MEGATEM^{II} a été réalisé dans la région de Chibougamau-Chapais, dans le nord-ouest du Québec. Son objectif principal était d'identifier de nouvelles cibles d'exploration à la recherche de sulfures massifs, car plusieurs gîtes de ce type ont déjà été exploités dans cette région. Ce levé a permis de détecter 25 % d'anomalies électromagnétiques de plus que des levés électromagnétiques réalisés entre 1972 et 1991. Il a également permis de repérer des conducteurs dont les profondeurs interprétées atteignent 150 m, alors que la profondeur maximale estimative des conducteurs identifiés lors des levés antérieurs était de 75 m. Le levé a mis en évidence des prolongements de certains conducteurs déjà connus, fournissant ainsi de nouvelles cibles d'exploration. Les résultats du levé montrent aussi l'importance des anomalies de très faible conductance qui pourraient être associées à des gîtes de zinc. Des exemples de divers types de conducteurs identifiés lors du levé sont présentés.

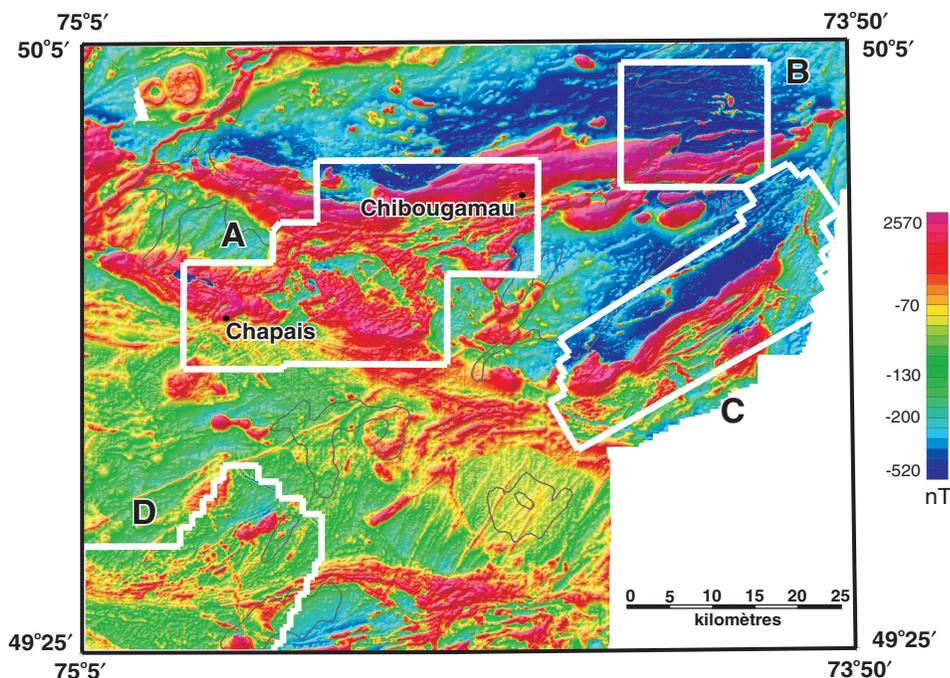
Abstract : An airborne MEGATEM^{II} electromagnetic survey was flown over the Chibougamau-Chapais area in northwestern Quebec. Its main objective was to identify new massive-sulphide exploration targets, as many massive-sulphide orebodies have been mined in this area. The survey detected 25% more electromagnetic anomalies than previous electromagnetic surveys flown between 1972 and 1991. It detected conductors with interpreted depths of as much as 150 m, whereas the estimated maximum depth of conductors detected during earlier surveys was 75 m. It revealed extensions to known conductors, therefore providing new exploration targets. Survey results also show the importance of very weak conductors that may be associated with zinc deposits. Examples of various types of conductors identified during the survey are presented.

INTRODUCTION

Un levé électromagnétique à dimension temporelle et magnétique aéroporté de type MEGATEM^{II} (Dumont et Potvin, 2006) a été réalisé durant l'hiver de 2006 dans la région de Chibougamau-Chapais, au Québec. Ses objectifs étaient d'identifier de nouvelles cibles d'exploration à la recherche de sulfures massifs, de favoriser l'exploration minière et d'aider les travaux de cartographie géologique dans cette région. Il a comporté quatre blocs (fig. 1) couvrant des zones à fort potentiel pour les gisements de sulfures massifs volcanogènes. On retrouve dans ces blocs sept mines fermées et cinq gîtes non exploités dont le tonnage a été évalué. Les blocs ont été choisis en fonction de leur potentiel en métaux communs, de la facilité d'accès et de l'historique des travaux d'exploration. Les lignes de vol étaient espacées de 200 m et orientées nord-sud, sauf dans le bloc C, au sud du lac Chibougamau, où elles étaient orientées 150° nord, soit perpendiculairement aux principales structures géologiques. Des levés électromagnétiques réalisés entre 1972 et 1991 pour le ministère des Richesses naturelles et de la Faune (MRNF) du Québec ont couvert toute la région à l'étude et permettent d'évaluer l'apport du nouveau levé. Cette évaluation doit tenir compte des caractéristiques et de la performance des systèmes utilisés. Il faut donc examiner la réponse du système au-dessus de gîtes connus et examiner les conducteurs nouvellement détectés en fonction de leur profondeur et de leur conductance.

GÉOLOGIE DE LA RÉGION

La région de Chibougamau-Chapais est située à l'extrémité est de la sous-province géologique de l'Abitibi. La région fait partie de la ceinture de roches vertes de Chibougamau-Matagami (Goodwin et Ridler, 1970). Dans la région à l'étude, l'assemblage volcano-sédimentaire archéen a été subdivisé en deux groupes (Allard et al., 1979; Gobeil et Racicot, 1983), soit le Groupe de Roy, à la base, et le Groupe d'Opémisca, au sommet. Le Groupe de Roy comprend deux cycles volcano-sédimentaires comportant les formations d'Obatagama, de Waconichi, de Gilman, de Blondeau et de Bordeleau. La Formation d'Obatagama se compose de basaltes et de gabbros comagmatiques. La Formation de Waconichi comprend de la rhyolite massive et des pyroclastites felsiques. La Formation de Gilman est principalement une séquence de basalte-andésite, de roches pyroclastiques felsiques, de gabbros comagmatiques et de dykes quartzofeldspathiques. La Formation de Blondeau se compose surtout de rhyolite et de tuf cherteux, d'argilite graphiteuse et de laves intermédiaires à felsiques. Les roches volcanosédimentaires ont été recoupées par plusieurs intrusions de composition variée. Les plus importantes sont le complexe du lac Doré, le complexe de Cummings et les intrusions du lac Springer, qui sont de composition mafique. Les plutons de Chibougamau, de Presqu'île et d'Opémisca ont une composition felsique. Le complexe du lac Doré est une intrusion stratiforme magmatique comportant les quatre zones suivantes (de la base au sommet) : une zone d'anorthosite, une zone litée (pyroxénite, gabbro et magnétite), une zone de ferrodiorite et une zone de granophyre sodique. Le complexe de Cummings renferme trois filons-couches



différenciés, soit le filon-couche de Roberge (le plus mafique), à la base, le filon-couche de Ventures et le filon-couche de Bourbeau (le moins mafique), au sommet. Les principaux éléments structuraux sont une schistosité est-ouest, des plis est-ouest et des failles d'orientation est-ouest et nord-est.

LEVÉS ANTÉRIEURS

Tout comme le levé MEGATEM^{II}, les levés antérieurs réalisés par le MRNF avaient pour objectif de favoriser la découverte de nouveaux gîtes minéraux. Le gîte de Lemoine (cuivre-zinc), situé dans le bloc C du levé MEGATEM^{II}, a été découvert en 1973 et exploité jusqu'en 1983; il a d'ailleurs été découvert grâce à un levé électromagnétique à dimension temporelle de type INPUT Mk V entrepris en 1972 pour le MRNF (Questor Surveys Ltd., 1972). Des levés électromagnétiques à dimension temporelle de type INPUT Mk V ou Mk VI ont couvert toute la région. De plus, deux levés électromagnétiques fréquentiels hélicoptérés ont été entrepris dans la région cartographique 32 G16 du SNRC (voir le tableau 1). Des données magnétiques ont également été acquises lors de tous ces levés. Pour les levés de type INPUT, l'espacement des lignes de vol était de 200 m et la hauteur de vol, de 120 m; la navigation était à vue. Les anomalies ont été reportées sur des photomosaïques, puis transférées sur des cartes topographiques à l'échelle de 1/20 000. Pour les levés hélicoptérés, l'espacement des lignes de vol était de 100 m et le système électromagnétique était à 40 m au-dessus du sol; un système de navigation électronique a été utilisé pour la restitution du plan de vol. La profondeur de pénétration des levés de type INPUT est évaluée à environ 75 m en raison de la nature du substratum et des morts-terrains dans la région (Smith et Annan, 1997).

SYSTÈME UTILISÉ

Le système MEGATEM^{II} de la société Fugro Airborne Surveys a été utilisé. Il comporte un émetteur constitué d'une grande boucle fixée aux ailes, au nez et à la queue d'un quadrimoteur Dash-7. Les bobines réceptrices sont installées dans une nacelle qui est remorquée à une distance de 129 m derrière l'aéronef et de 64 m en dessous. Le magnétomètre, également installé dans une nacelle, est remorqué à une distance de 80 m derrière l'aéronef et de 59 m en dessous. Le système utilise un émetteur similaire à celui de l'ancien système INPUT et un récepteur électromagnétique numérique à trois axes orthogonaux (X, Y, Z). L'émetteur émet une impulsion demi-sinusoidale de très courte durée. Cette impulsion est suivie d'un temps mort pendant lequel le récepteur détecte le champ électromagnétique secondaire produit par des corps conducteurs. Le temps mort est suivi d'une impulsion de polarité opposée à l'impulsion précédente et d'un autre temps mort. Les principales

caractéristiques de ces systèmes sont données au tableau 2. La puissance du système MEGATEM^{II} permet d'atteindre une profondeur de pénétration d'environ 250 m dans le contexte géologique de l'Abitibi (Cheng et al., 2006). Les systèmes INPUT utilisés lors des levés antérieurs utilisaient une configuration similaire (tableau 2), mais ils étaient munis d'un récepteur analogique comportant un filtre passe-bas pour réduire le niveau de bruit du récepteur mais qui modifiait aussi la forme des anomalies (Jensen et Becker, 1979). Dans le système MEGATEM^{II}, l'utilisation d'un récepteur à trois axes permet une meilleure interprétation des données; de plus, la bobine à axe vertical (Z) aide à accroître la profondeur de pénétration du système (Smith et Keating, 1996). Par convention, la composante X est dans la direction de vol et la composante Y est horizontale et perpendiculaire à la composante X. L'utilisation d'un récepteur numérique a certains avantages : elle permet notamment d'optimiser les filtres utilisés pour augmenter le rapport signal/bruit lors du traitement des données, d'améliorer la résolution spatiale du système et d'éviter la distorsion du signal.

Tableau 1. Levés électromagnétiques dans la région de Chibougamau-Chapais (Québec).

Nom du levé	Type de système	Publication
Chibougamau	INPUT Mk V	Questor Surveys Ltd. (1972)
La Dauversière	INPUT Mk VI	Questor Surveys Ltd. (1977)
Opémisca	INPUT Mk VI	Questor Surveys Ltd. (1978)
Waconichi	INPUT Mk VI	Relevés Géophysiques Inc. (1980)
Lac Bourbeau	REXEM-IV	Sial Géosciences inc. (1989)
Lac Armitage	REXEM-IV	Sial Géosciences inc. (1991)

Tableau 2. Principales caractéristiques des systèmes INPUT et MEGATEM^{II}.

	INPUT Mk V	INPUT Mk VI	MEGATEM ^{II}
Fréquence de base (Hz)	144	144	90
Durée de l'impulsion (sec)	1	1	2,2
Moment dipolaire (A m ²)	0,2 × 10 ⁶	0,21 × 10 ⁶	1,65 × 10 ⁶
Constante de temps (sec)	~ 3	0,6	0
Composantes mesurées	X	X	X, Y, Z

Le champ secondaire détecté par le récepteur est échantillonné pendant le temps mort à l'intérieur de 15 fenêtres ou canaux. Le système MEGATEM^{II} mesure aussi le champ secondaire pendant l'impulsion à l'intérieur de cinq fenêtres. Ces données sont utilisées principalement pour calculer la conductance des morts-terrains. Un récepteur électromagnétique mesure la variation du champ magnétique secondaire (dB/dt) induit par le champ primaire dans le conducteur. Il est possible de déterminer le champ magnétique B en intégrant dB/dt, ce qui permet une meilleure détection des conducteurs à forte conductance (Smith et Annan, 2000). La variation du champ magnétique (dB/dt) est donnée en picoteslas/seconde (pT/s). On peut aussi obtenir une réponse normalisée en divisant la réponse par le champ primaire maximal; ce rapport est donné en parties par million (ppm). La constante reliant les deux types d'unités dépend de la puissance et de la géométrie du système.

La réponse d'un système électromagnétique est représentée sur un nomogramme qui montre la réponse du système pour la composante X en fonction de la conductance d'une plaque mince verticale inductive située à une certaine profondeur sous l'émetteur. L'hypothèse d'une plaque mince signifie qu'on ne connaît que le produit (conductivité x épaisseur) de la plaque, c'est-à-dire sa conductance. Dans le cas du système MEGATEM^{II}, le modèle utilisé est une plaque mince rectangulaire verticale de 600 m de côté à l'horizontale et de 300 m de côté en profondeur. Son arête supérieure est placée à la surface du sol, soit à 120 m sous l'émetteur. La réponse du système est donnée à la figure 2, qui est le nomogramme pour une plaque située à 120 m sous l'émetteur. Dans la pratique, l'interprétation est faite de façon automatisée à partir d'un ensemble de nomogrammes calculés pour différentes profondeurs. La réponse est maximale pour une conductance d'environ 15 S (siemens).

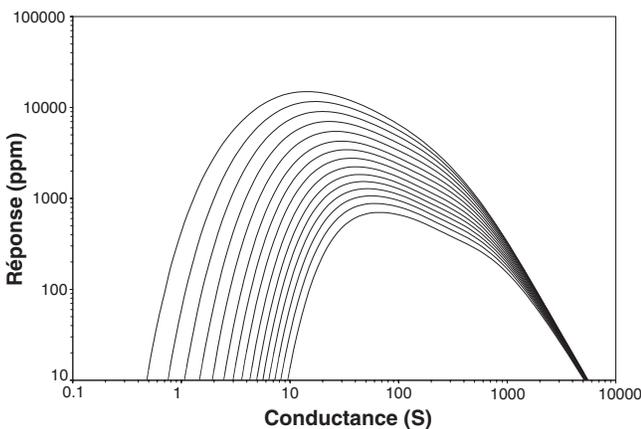


Figure 2. Réponse du système MEGATEM^{II} en fonction de la conductance d'une plaque verticale. Le niveau de bruit de fond du système est d'environ 50 ppm. La réponse des 15 canaux pendant le temps mort qui a suivi l'impulsion est représentée. La courbe de plus forte amplitude représente le canal situé immédiatement après l'impulsion, celle de plus faible amplitude est le dernier canal.

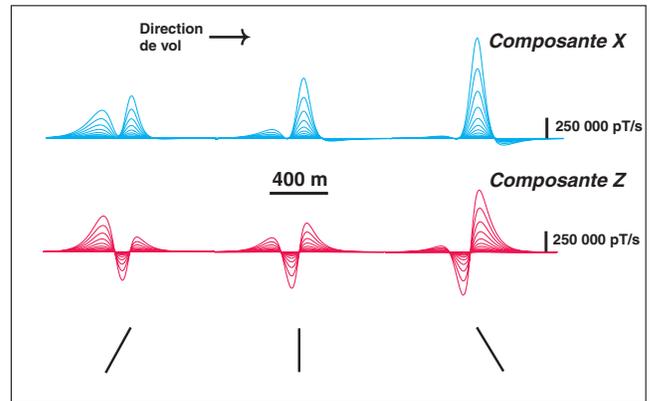


Figure 3. Réponse des composantes X et Z du système MEGATEM^{II} pour des plaques ayant des pendages différents.

Lorsque la conductance est faible, la réponse tombe rapidement sous le niveau de bruit, soit environ 50 ppm, et seuls les premiers canaux donnent une réponse détectable. Lorsque la conductance est forte, la réponse de tous les canaux est au-dessus du niveau de bruit et le taux de décroissance est faible. Une augmentation de la profondeur affaiblit la réponse, et la réponse des derniers canaux est alors sous le niveau de bruit du système.

Un système électromagnétique ne peut détecter que des conducteurs massifs puisque les cristaux de sulfures doivent être interconnectés pour que le champ primaire de l'émetteur puisse engendrer des courants de Foucault et ainsi entraîner la création d'un champ secondaire dont la variation est détectée par le récepteur. La réponse d'un système électromagnétique dépend du pendage des conducteurs. Dans le cas du système MEGATEM^{II}, cet effet est accentué par l'asymétrie du système (émetteur/récepteur). À la figure 3, on voit la réponse du système pour une plaque mince rectangulaire avec différents pendages. Lorsque la direction de vol est en amont-pendage, on observe deux maxima; lorsqu'elle est en aval-pendage, on n'en observe qu'un seul. Pour un conducteur vertical, un maximum de faible amplitude précède le maximum établi verticalement au-dessus du conducteur. L'amplitude de l'anomalie est également fonction du pendage et peut varier du simple au double.

Plusieurs cartes ont été produites à partir des données recueillies. La carte des anomalies électromagnétiques montre l'emplacement de ces anomalies et le nombre de canaux anomaliques. Une carte de la constante de temps, qui est surtout fonction de la conductance, de la composante X calculée à partir des canaux 9 à 20, permet de visualiser l'ensemble des conducteurs. Une carte de la conductance a été établie à partir des composantes X et Z et en utilisant les données recueillies pendant l'émission de l'impulsion et le temps mort. Cette carte, établie en utilisant le modèle d'un feuillet mince horizontal, aide à distinguer les anomalies causées par des dépôts conducteurs en surface et les conducteurs situés dans le socle.

RÉSULTATS

Évaluation du levé

Plusieurs approches peuvent être adoptées pour évaluer les résultats du levé MEGATEM^{II} par rapport à ceux des levés électromagnétiques antérieurs. Les données des levés INPUT ont été utilisées pour cette évaluation, car le système INPUT était similaire au système MEGATEM^{II} et les données sont les seules à couvrir l'ensemble de la région étudiée. Une première façon de faire est de comparer le nombre d'anomalies détectées par chaque système (voir le tableau 3). Le levé MEGATEM^{II} a détecté un total de 1000 anomalies de plus que les levés antérieurs. Trois blocs contiennent plus d'anomalies MEGATEM^{II} que d'anomalies INPUT. Par contre, les deux types de levés ont donné sensiblement le même nombre d'anomalies dans le bloc A, à cause de la présence de lignes de transport d'électricité d'Hydro-Québec qui ont été mises en service après l'exécution des levés INPUT. Ces lignes de transport d'électricité masquent les conducteurs situés dans un corridor pouvant atteindre 500 m de part et d'autre des lignes de transport. Une étude détaillée révèle quand même la présence de nouvelles anomalies, mais leur nombre est compensé par l'absence de nouvelles anomalies près des lignes de transport d'électricité.

Une deuxième approche consiste à comparer les profondeurs interprétées des anomalies détectées lors du levé MEGATEM^{II} et la profondeur de pénétration des systèmes INPUT, qui est estimée à 75 m (Smith et Annan, 1997). Un histogramme des profondeurs interprétées est présenté à la figure 4. On a réussi à calculer la profondeur de 3136 anomalies dont la réponse avait été suffisamment forte. La profondeur maximale est d'environ 175 m. De nombreux conducteurs sont plus courts que la plaque (600 m) utilisée comme modèle, ce qui entraîne une interprétation erronée. Une autre source d'erreurs est le fait que les conducteurs ne sont pas verticaux. On a trouvé 1134 anomalies dont la source serait à plus de 75 m de profondeur et 463 anomalies dont la

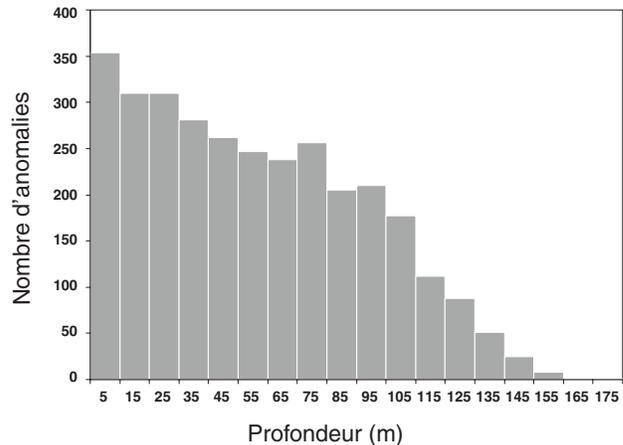


Figure 4. Histogramme des profondeurs calculées selon le modèle d'une plaque verticale.

profondeur dépasserait 100 m. Même s'il s'agit de profondeurs interprétées et non de profondeurs mesurées, on peut en conclure que le levé MEGATEM^{II} a détecté plusieurs centaines d'anomalies d'origine profonde.

Exemples de gîtes connus

Le gîte Scott (ressources estimées, non validées NI 43-101 : 680 000 tonnes à 0,55 % de cuivre, à 6,9 % de zinc et à 13,3 g/t d'argent (Saunders et Allard, 1990)) a été découvert en 1976 à la suite d'un levé INPUT Mk-VI. Le gîte a produit une faible anomalie lors du levé de 1978 du MRNF (DP-587; Questor Surveys Ltd., 1978); seuls les deux premiers canaux ont présenté une réponse anormale. La conductance interprétée est de 4 S. La minéralisation comporte principalement de la pyrite et de la sphalérite (Saunders et Allard, 1990). La pyrite est un conducteur moyen alors que la sphalérite est un faible conducteur et donc difficile à détecter au moyen d'un système électromagnétique. Le gîte est dans la Formation de Waconichi, au contact de roches volcaniques acides et intermédiaires; le contexte géologique est similaire à celui de la mine Lemoine. Le gîte s'étend de quelques mètres à de plus de 400 m de profondeur; son étendue latérale est d'environ 350 m au sommet et diminue avec la profondeur. Son épaisseur maximale est d'environ 6 m. La réponse MEGATEM^{II} du gisement n'est visible que sur une seule ligne de vol (L-10990; voir la figure 5). On observe une réponse sur les quatre premiers canaux de la composante X et sur les trois premiers de la composante Z. La décroissance rapide de l'amplitude dans les canaux de la composante X indique une source de faible conductivité. La forme de l'anomalie indique un pendage dans la direction de vol, soit vers le sud. Le pendage du gîte est de 70° sud jusqu'à une profondeur d'environ 200 m, et quasi-vertical par la suite (Saunders et Allard, 1990). Le levé MEGATEM^{II} peut donc détecter des gîtes de faible conductance qui sont situés près de la surface.

Tableau 3. Nombre d'anomalies détectées dans chacun des quatre blocs par les systèmes INPUT et MEGATEM^{II}.

Bloc	Anomalies MEGATEM ^{II}	Anomalies d'origine anthropique	Anomalies MEGATEM ^{II} réelles	Anomalies INPUT
A	1804	702	1102	1126
B	1715	94	1621	1197
C	895	0	895	396
D	1403	0	1403	1281
Total	5817	697	5021	4000
<i>Note : Seules les anomalies d'origine non anthropique ont été indiquées lors de la compilation des levés INPUT.</i>				

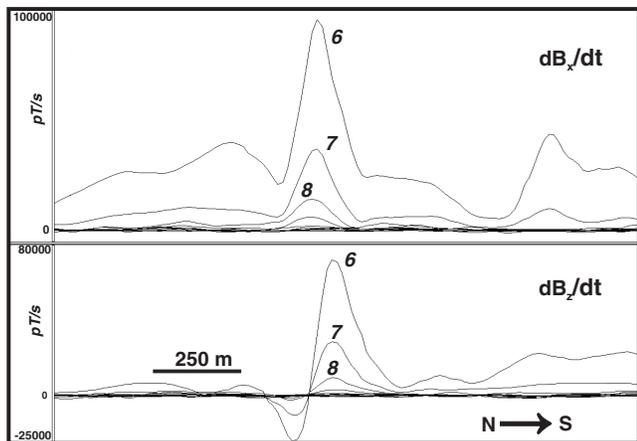


Figure 5. Réponse du système MEGATEM^{II} au-dessus du gîte Scott. Sur la composante X, seuls les quatre premiers canaux ont une réponse significative, alors que sur la composante Z, ce sont les trois premiers canaux qui ont une réponse significative. Les numéros des canaux sont indiqués. Le canal 6 est le premier canal après l'impulsion.

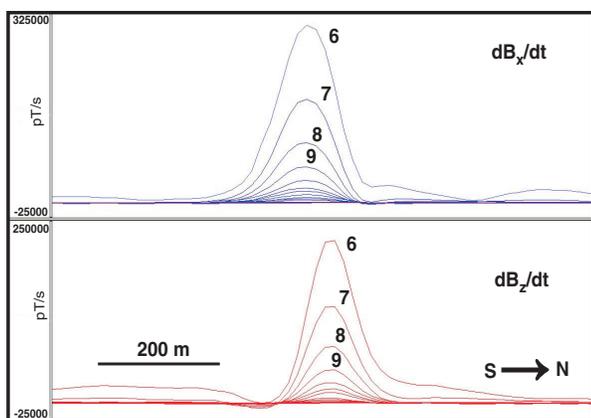


Figure 6. Réponse du système MEGATEM^{II} au-dessus de la mine Lemoine, bloc C, ligne 30890, anomalie D. Les numéros des canaux sont indiqués. Le canal 6 est le premier canal après l'impulsion.

La Mine Lemoine, découverte en 1973, a produit au total 757 585 tonnes d'une teneur de 9,52 % de zinc, 4,18 % de cuivre, 4,56 g/t d'or et 82,26 g/t d'argent, pour un total de 29 932 tonnes de cuivre, 53 869 tonnes de zinc et 2739 kg d'or. La mine a fermé en mars 1983 suivant l'épuisement des réserves. La minéralisation est de type « sulfures massifs volcanogènes aurifères » et se trouve dans un horizon d'origine exhalative. Elle est constituée de chalcopryrite, de sphalérite, d'or, d'argent, de pyrite et de pyrrotite. Elle est concordante avec la stratigraphie et a un pendage de 50° à 70° nord. La séquence de roches volcaniques de la mine Lemoine comprend des laves rhyolitiques à la base, que surmontent des tufs et/ou des laves andésitiques et, enfin, un tuf à cristaux de quartz, de feldspath et de plagioclase de la même formation. Le gîte est situé sur un conducteur d'environ 1 km de

longueur, facile à identifier, qui a été détecté lors du levé INPUT Mk-V (Questor Surveys Ltd., 1972). La réponse est due à la présence de chalcopryrite, de pyrite et de pyrrotite, qui sont des sulfures très conducteurs. L'anomalie observée au-dessus du gîte lors du levé MEGATEM^{II} est illustrée à la figure 6. La réponse est forte sur les composantes X et Z. La forme de l'anomalie suggère que le pendage est d'environ 60° nord. La Fugro Airborne Surveys a calculé une conductance de 16 S et une profondeur de 52 m au sommet du conducteur. Les anomalies électromagnétiques détectées lors du levé MEGATEM^{II} indiquent que l'horizon conducteur identifié lors du levé INPUT de 1972 se prolonge vers le nord-est et le sud-ouest.

Conducteurs de faible amplitude

On trouve dans le bloc A, au nord du gîte Scott (fig. 7), des anomalies électromagnétiques nouvellement détectées. Certaines d'entre elles sont isolées et ont une faible amplitude alors que d'autres représentent le prolongement de conducteurs connus. On trouve aussi quelques anomalies isolées groupées. Ces anomalies situées dans la Formation de Gilman pourraient correspondre à des horizons minéralisés dans des roches volcanoclastiques felsiques. L'anomalie K de la ligne de vol 10970 et l'anomalie A de la ligne de vol 10980 sont des exemples typiques d'anomalies isolées. Les données en profil de l'anomalie K de la ligne 10970 sont présentées à la figure 8. On note que la réponse est meilleure pour le champ B que pour dB/dt, car le champ B est le résultat de l'intégration de dB/dt, processus qui réduit le bruit. Cette anomalie peut être modélisée au moyen d'une plaque mince de 100 m sur 100 m avec un pendage d'environ 60° à une profondeur d'environ 100 m. La conductance et la profondeur de ces anomalies de faible amplitude sont souvent difficiles à interpréter quantitativement, mais ces anomalies devraient quand même être vérifiées. Une décroissance rapide d'une réponse obtenue uniquement sur les premiers canaux indique une source de faible conductance. Le fait qu'il s'agit généralement de conducteurs isolés indique un faible prolongement latéral. Des sources possibles sont des zones d'altération, des morts-terrains conducteurs ou une minéralisation faiblement conductrice.

Conducteur profond

Un exemple d'un conducteur profond nouvellement détecté est celui qui a été identifié à environ 2 km au nord-ouest de la mine Lemoine. Ce conducteur croise trois lignes de vol (L-30820, L-30830 et L-30840); une faible anomalie sur la ligne de vol 30850 est interprétée comme ayant une origine superficielle (fig. 9). En se fondant sur le modèle de la plaque mince verticale, la Fugro Airborne Surveys a interprété une profondeur de 148 m et une conductance de 30 S pour l'anomalie détectée sur la ligne de vol 30820, et une profondeur de 103 m et une conductance de 26 S pour l'anomalie sur la ligne de vol 30840. La méthodologie

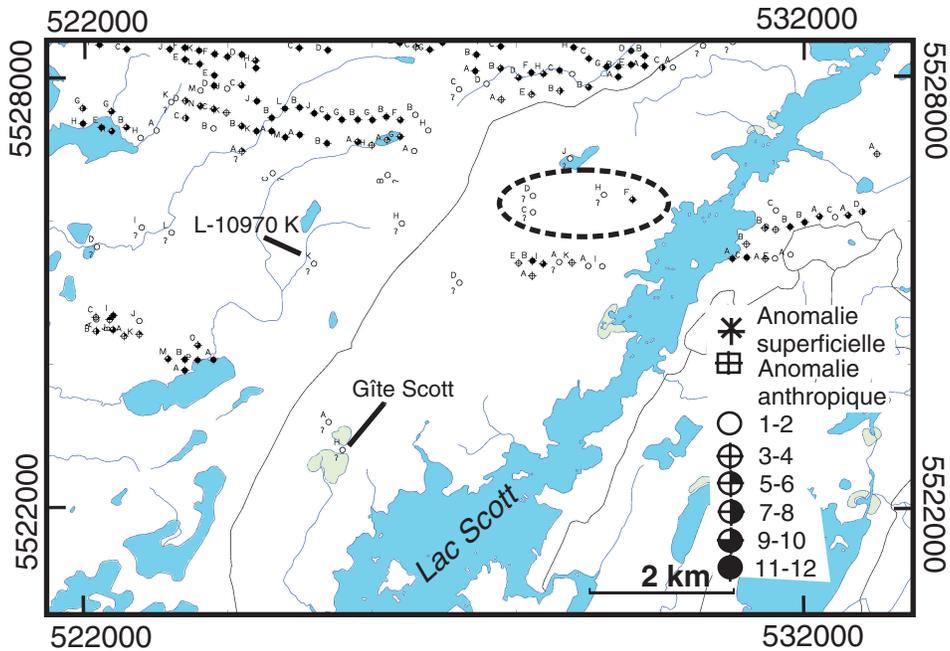


Figure 7. Exemple d'anomalies nouvellement détectées dans le bloc A du levé. Le tireté encerclé un groupe d'anomalies isolées de faibles amplitudes. Les lacs sont en bleu et les marécages, en vert pâle. Les lignes noires sont des chemins forestiers. Les anomalies sont identifiées par des lettres. ? = conductance non calculée

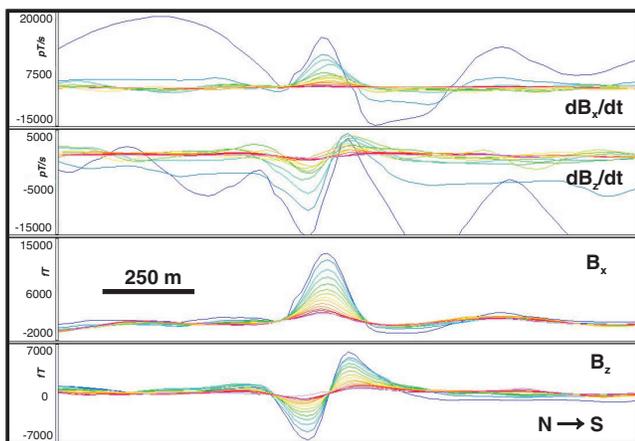


Figure 8. Données en profil de l'anomalie K de la ligne 10970. L'emplacement de l'anomalie est indiquée à la figure 7.

utilisée par la société ne permettant pas d'interpréter l'anomalie de faible amplitude de la ligne 30830, aucune interprétation n'est fournie pour cette anomalie. Les données en profil des deux anomalies observées sur cette ligne sont présentées à la figure 10. La présence de deux maxima indique que le pendage est vers le sud. Une interprétation

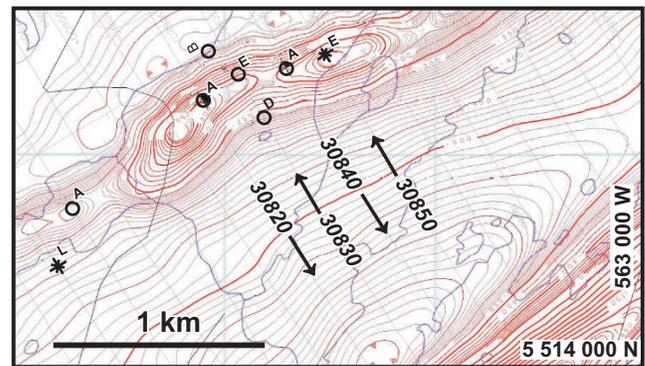


Figure 9. Exemple de conducteur profond dans le bloc C. Les lignes d'isovaleurs magnétiques sont en rouge. L'équidistance est de 5 nT. Les anomalies sont identifiées par des lettres

quantitative des données de la ligne 30830 fondée sur une technique d'inversion (Keating et Crossley, 1990) et adaptée pour les données MEGATEM^{II} indique une profondeur de 150 m, une conductance de 50 S et un pendage de 70° sud. Cela confirme la présence d'une anomalie profonde, telle que prévue par la Fugro Airborne Surveys; de plus, la conductance interprétée est du même ordre que celle qui avait été interprétée à partir des lignes adjacentes.

Prolongement de conducteurs connus

Trois anomalies MEGATEM^{II}, à l'ouest de la route 167, près d'une anomalie isolée INPUT déjà connue, permettent de définir un conducteur avec une orientation de 115° à 120° dans le complexe anorthositique du lac Doré (fig. 11). Ce

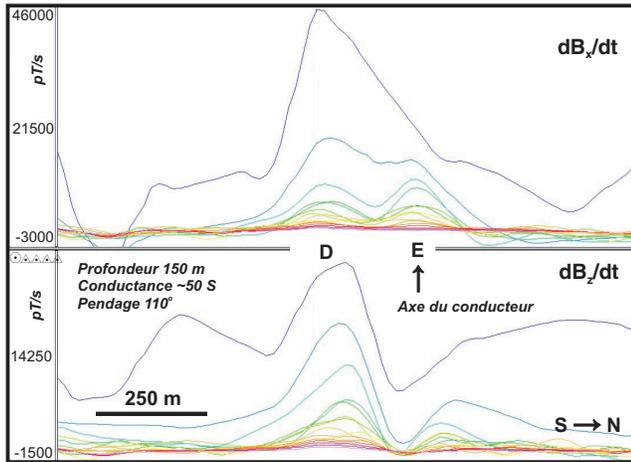


Figure 10. Données en profil de la ligne de vol 30830.

conducteur a la même orientation que les zones de cisaillement associées à des minéralisations connues. La présence d'une voie ferrée et d'une ligne de transport d'électricité le long de la route empêche de savoir si le conducteur se prolonge plus loin à l'est. D'autres anomalies INPUT, plus à l'est, sont situées près de l'endroit où des travaux de prospection ont été effectués entre 1955 et 1960. À l'est de la route, on a détecté quatre nouvelles anomalies alors que les levés INPUT en avait détecté une seule, qui correspond aux anomalies D et E de la ligne de vol 11890. Le conducteur est mal défini et discontinu, car aucune anomalie n'a été détectée sur les lignes de vol 11850 et 11860. L'interprétation de l'anomalie D de la ligne de vol 11890 par la Fugro Airborne Surveys indique un conducteur à une profondeur de 129 m avec une conductance de 25 S. L'interprétation de l'anomalie E donne une profondeur de 97 m et une conductance de 30 S. Toutefois, l'anomalie E est fort probablement un effet de pendage. Ces deux anomalies sont situées au même endroit que l'anomalie isolée INPUT. L'interprétation de l'anomalie C de la ligne de vol 11870 par la Fugro Airborne Surveys indique un conducteur avec une conductance de 42 S à une profondeur de 115 m. Les anomalies détectées lors du levé MEGATEM^{II} permettent donc d'identifier des cibles qui ne pouvaient être définies correctement à partir des données INPUT antérieures.

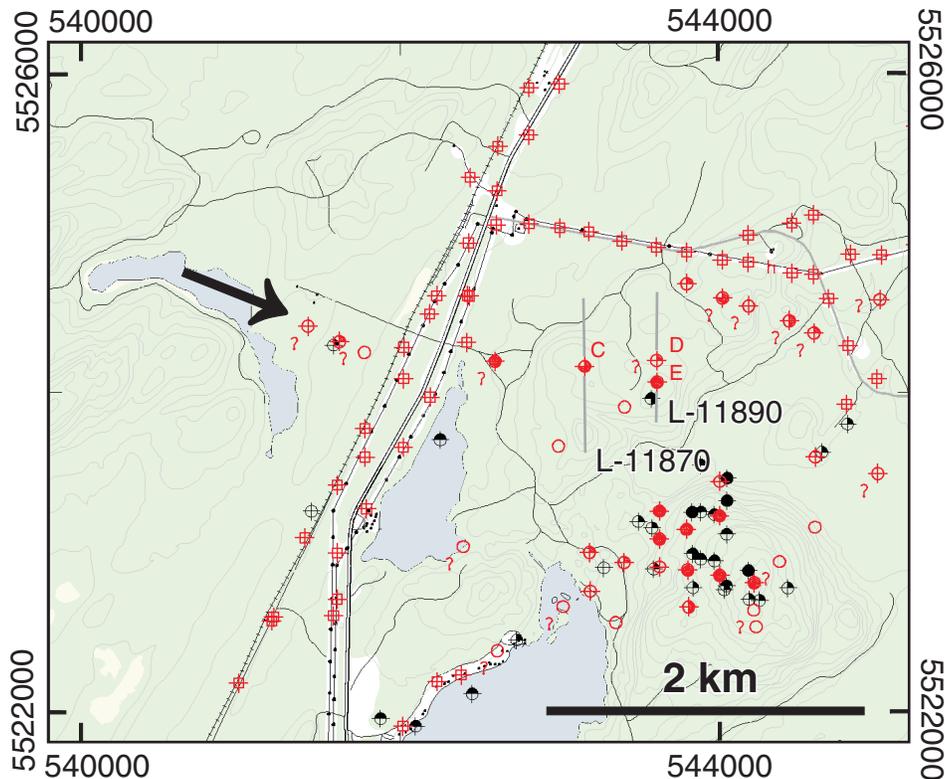


Figure 11. Anomalies nouvellement détectées au sud de Chibougamau. Les anomalies MEGATEM^{II} sont en rouge et les anomalies INPUT, en noir. La flèche indique l'axe du conducteur mentionné dans le texte. ? = conductance non calculée

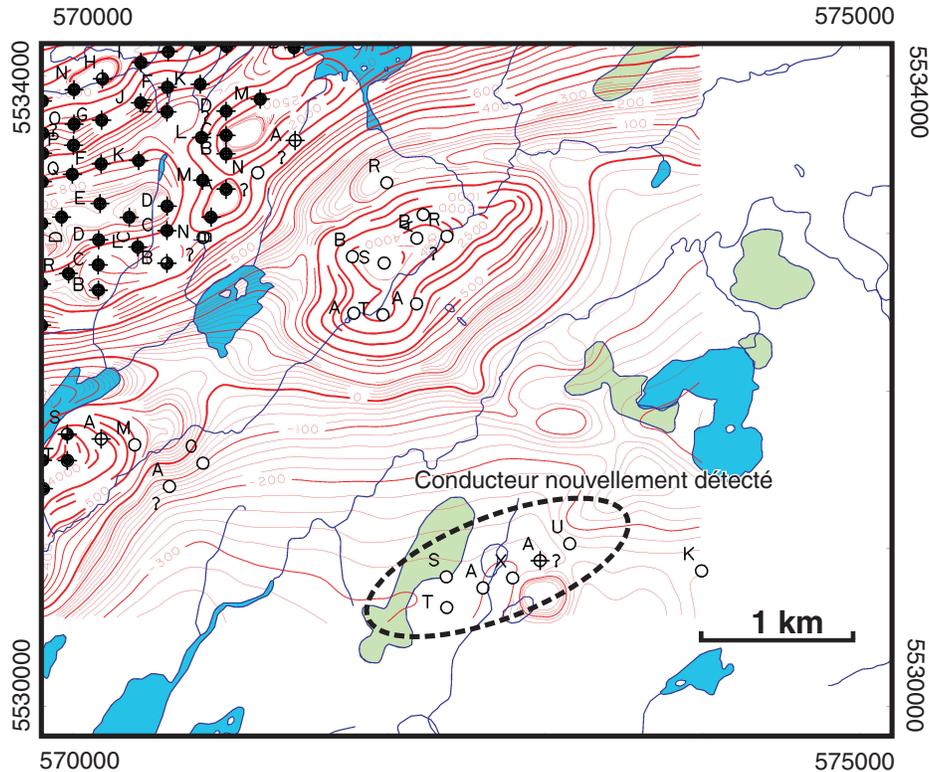


Figure 12. Conducteur nouvellement identifié au sud-est du bloc B. Les lacs sont en bleu et les marécages, en vert pâle. Les lignes d'isovaleurs magnétiques sont en rouge. L'équidistance minimale est de 5 nT. Les anomalies sont identifiées par des lettres. ? = conductance non calculée

Un conducteur d'environ 600 m de longueur (fig. 12), à l'extrémité sud-est du bloc B, a été identifié à l'extrémité nord-est du complexe anorthositique du lac Doré. Des anomalies de faibles amplitudes définissent un conducteur de faible conductance et d'origine peu profonde. L'examen des profils indique la présence d'un conducteur à pendage subvertical qui pourrait se trouver dans les prolongements des cisaillements à cuivre-or de la baie Nepton. L'extrémité ouest du conducteur (anomalie T, ligne de vol 20780) est située près de deux anomalies INPUT, l'une de deux canaux et l'autre de trois canaux. Ces anomalies définissent un axe est-ouest d'environ 100 m et le nouveau conducteur représente son prolongement nord-est. L'anomalie S à environ 200 m au nord de l'anomalie T est un effet de pendage; elle suggère que le conducteur a un pendage nord d'environ 60°. Le conducteur est dans le prolongement d'une anomalie faible et étroite de seconde dérivation verticale du champ magnétique, et au nord d'une anomalie magnétique circulaire d'environ 200 m de diamètre qui pourrait être due à une petite intrusion. Cette anomalie est à 200 m au sud de l'anomalie A de la ligne de vol 20810. Il s'agit de l'anomalie la plus forte le long de ce conducteur. Son taux de décroissance et sa constante de temps (349 msec) indiquent une conductance inférieure à 10 S.

CONCLUSIONS

Les nouveaux conducteurs détectés par le système MEGATEM^{II} peuvent être classés en trois catégories, soit les conducteurs profonds qui ont des réponses relativement faibles et que le système INPUT n'avait pas détectés (c'est grâce à la forte puissance de l'émetteur du système MEGATEM^{II} et à un traitement numérique avancé qu'ils ont pu être détectés), les conducteurs peu profonds de faible conductance et, enfin, les prolongements des conducteurs déjà connus. Trois facteurs ont contribué à leur détection : des données électromagnétiques numériques à trois composantes de haute qualité, la navigation par GPS qui permet une couverture uniforme, et la grande puissance de l'émetteur qui permet de diffuser efficacement l'énergie entre les lignes de vol. Le levé MEGATEM^{II} a identifié environ 1000 nouvelles anomalies électromagnétiques qui n'avaient pas été détectées lors des levés INPUT antérieurs. Plusieurs de ces conducteurs nouvellement détectés ont été interprétés comme des conducteurs situés à des profondeurs de plus de 100 m. De nombreuses anomalies, souvent isolées ou en petits groupes, de faible conductance et situées à de faibles profondeurs, présentent un intérêt du point de vue de l'exploration et méritent d'être examinées.

REMERCIEMENTS

Ce levé a été réalisé dans le cadre du projet Abitibi de l'Initiative géoscientifique ciblée (IGC-3) de Ressources naturelles Canada. Les travaux ont été supervisés par la Commission géologique du Canada.

RÉFÉRENCES

Allard, G.O., Caty, J.-L. et Chown, E.H.

1979 : Stratigraphie et métallogénie de la région de Chibougamau; Association géologique du Canada, Congrès annuel, Québec; Livret guide pour l'excursion B-1.

Cheng, L.Z., Smith, R.S., Allard, M., Keating, P., Chouteau, M., Lemieux, J., Vallée, M.A., Bois, D. et Fountain, K.K.

2006 : Geophysical case study of the Iso and New Inco deposits, Québec, Canada, Part II: Modeling and interpretation; Exploration and Mining Geology, v. 15, p. 65-74..

Dumont, R. et Potvin, J.

2006 : Composante résiduelle du champ magnétique total avec anomalies EM, Levé MEGATEM II Chibougamau 2006, parties des SNRC: 32 G/07 - 32 G/10, Québec; Commission géologique du Canada, Dossier public 5265, 1 carte, échelle de 1/20 000.

Gobeil, A. et Racicot, D.

1983 : Carte lithostratigraphique de la région de Chibougamau; Ministère des Richesses naturelles, Québec, MM-83-02, 1 carte, échelle de 1/250 000.

Goodwin, A.M. et Ridler, R.H.

1970 : The Abitibi orogenic belt; in Symposium on Basins and Geosynclines of the Canadian Shield, (ed.) A.J. Baer; Geological Survey of Canada, Paper 70-40, p. 1-30.

Jensen, O.G. et Becker, A.

1979 : Phase-compensating deconvolution to reduce distortion caused by in-aircraft reactive integrators; Geophysics, v. 44, no. 9, p. 1531-1540.

Keating, P.B. et Crossley, D.J.

1990 : The inversion of time-domain airborne electromagnetic data using the plate model; Geophysics, v. 55, no. 6, p. 705-711.

Questor Surveys Ltd.

1972 : Levé EM aérien par INPUT Mk V, Région de Chibougamau; ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, DP-079, 4 cartes, échelle de 1/31 680.

1977 : Levé EM aérien par INPUT Mk VI, Région de la Dauversière; ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, DP-496, 6 cartes, échelle de 1/31 680.

1978 : Levé EM aérien par INPUT Mk VI, Région d'Opémisca; ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, DP-587, 27 cartes, échelle de 1/20 000.

Relevés Géophysiques Inc

1980 : Levé EM aérien par INPUT Mk VI, Région de Waconichi; ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, DP-749, 39 cartes, échelle de 1/20 000.

Saunders, J.A. et Allard, G.O.

1990 : The Scott Lake deposit: a contact-metamorphosed volcanogenic massive sulfide deposit, Chibougamau area, Quebec; Canadian Journal of Earth. Sciences, v. 27, p. 180-186.

Sial Géosciences inc.

1989 : Levé hélicoptéré REXHEM IV - Région du Lac Bourbeau; ministère des Ressources naturelles du Québec, DP-89-12, 198 p.

1991 : Levé hélicoptéré REXHEM IV - Région du Lac Armitage; ministère des Ressources naturelles du Québec, DP-91-04, 112 p.

Smith, R.S. et Annan, A.P.

1997 : Advances in airborne time-domain EM technology; in Proceedings, Exploration 97, 4th Decennial International Conference on Mineral Exploration, Toronto, Ontario, p. 497-504.

2000 : Using an induction coil sensor to indirectly measure the B-field response in the bandwidth of the transient electromagnetic method; Geophysics, v. 65, no. 5, p. 1489-1494.

Smith, R.S. et Keating, P.B.

1996 : The usefulness of multicomponent, time-domain airborne electromagnetic measurements; Geophysics, v. 61, no. 1, p. 74-81.

Commission géologique du Canada, projet X92