

# 2007YE002-01

RAPPORT D'ETAPE DE TRAVAUX - LEVE MAGNETOMETRIQUE DE LA PROPRIETE LAC-SAINT-JEAN

Documents complémentaires

*Additional Files*



Licence



Licence

Cette première page a été ajoutée  
au document et ne fait pas partie du  
rapport tel que soumis par les auteurs.

Énergie et Ressources  
naturelles

Québec 



# **J.A.G. Mines Ltd**

**Les Mines JAG Itée  
Recherche de gaz et de pétrole  
et mise en valeur  
de la**

## **PROPRIÉTÉ LAC ST-JEAN**

**Phase 1 – An 1**

**Rapport d'étape des travaux 2007**

**Levé magnétométrique de la propriété Lac-St-Jean**

**RAPPORT D'ÉTAPE**

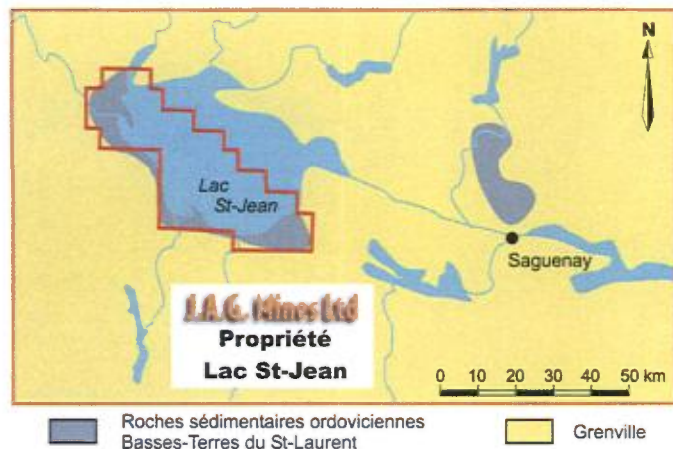
**préparé par :**

**Marc Richer-LaFlèche, géo, Jean-Christophe Aznar (Ph.D.) et Bruno Boussicault  
(géophysicien, DESS, M.Sc.)**

**INRS-ETE  
Juillet 2007**

## SOMMAIRE

En mars 2006, **JAG** a obtenu du gouvernement du Québec cinq permis de recherche pour le gaz et le pétrole totalisant 99 945 hectares dans la région du lac St-Jean, un secteur relativement inexploré jusqu'à présent pour son potentiel en hydrocarbures.



La propriété Lac St-Jean fait partie d'un groupe de trois propriétés jalonnées par **JAG** en 2006, qui font l'objet de travaux d'exploration et de recherche pour le gaz et le pétrole. **JAG** a publié un programme d'exploration quinquennal visant ces propriétés en décembre 2006. Le présent rapport d'étape présente les résultats des travaux d'exploration, d'analyse et de mise en valeur de l'An1 (Phase 1) menés sur la propriété Lac St-Jean entre février 2007 et juillet 2007.

Même si elles en sont éloignées géographiquement, les roches sédimentaires paléozoïques ordoviciennes de la propriété Lac St-Jean sont considérées comme faisant partie du bassin des Basses-Terres du St-Laurent. La première phase (An1 et An2) du programme d'exploration de **JAG** vise à déterminer si les conditions géologiques générales ont rendu possible l'accumulation d'hydrocarbures et à vérifier le potentiel pétrolière des roches sédimentaires présentes sur la propriété. Étant donné les contraintes de temps, les travaux d'exploration de l'An 1 ont été limités sur la propriété Lac St-Jean à un levé géophysique de sub-surface. Ainsi, le présent rapport présente les résultats d'un levé magnétométrique mené à la surface du lac et principalement réalisé à l'hiver 2007 et terminé en juillet 2007.

Le levé magnétométrique réalisé à la surface du lac a été amorcé au cours du mois de février 2007, mais divers problèmes techniques et des conditions météorologiques défavorables ont empêché qu'il soit complété durant l'hiver. Il a donc fallu attendre que le lac soit dégelé pour terminer les travaux.

Les résultats de l'étude montrent que la partie aquatique de la propriété Lac S-Jean est relativement hétérogène pour ce qui est du magnétisme (champ magnétique total). Des domaines plus magnétiques alternent avec des domaines de magnétisme plus modéré.

La partie ouest des lignes est marquée par une très faible variabilité du champ magnétique total (plateau). Ces faibles valeurs passent progressivement à un domaine plus magnétique situé dans la partie centrale des sections (région de la pointe de Chambord).

Le traitement des données magnétométriques suggère la présence de structures profondes affectant la plateforme calcaire. Une importante structure NE-SO, recoupant le bassin, est observée en s'éloignant de la pointe de Chambord. Ce domaine anomalique, probablement associé à une structure majeure, pourrait résulter d'un bombement du socle sous-jacent au bassin de roches sédimentaires. Cette structure, probablement précoce, semble être recoupée par une faille d'orientation NO-SE située dans la partie profonde du lac. Ces structures pourraient être associées à des phénomènes de dolomitisation (dolomies hydrothermales de type baroque) pouvant former des réservoirs poreux pouvant contenir des hydrocarbures.

Le levé magnétométrique suggère également la présence de placers superficiels provenant probablement du triage hydraulique de sédiments glaciaires. L'embouchure de la rivière Mistassini semble contenir un tel dépôt de minéraux lourds probablement riche en magnétite (semblable à celui de la Pointe-Taillon). Une vérification par carottage et ou par un levé sismique aquatique permettrait de vérifier cette hypothèse. De la même façon, entre Desbiens et Metabechouan, la carte du champ magnétique total montre la présence d'une très forte anomalie magnétique. Cette dernière pourrait être reliée au remaniement de sédiments quaternaires dans des conditions de fortes hydraulicités. Toutefois, le patron de drainage actuel ne montre pas la présence de tributaires majeurs pouvant expliquer la formation d'un tel dépôt. Pour l'instant, nous ne pouvons exclure la présence d'un corps plutonique très fortement magnétique qui pourrait être présent

pas la présence de tributaires nombreux pouvant expliquer la formation d'un tel dépôt. Pour l'instant, nous ne pouvons exclure la présence d'un corps plutonique très fortement magnétique qui pourrait être présent localement sous la plateforme de roches sédimentaires. Des études ultérieures devraient permettre de préciser ce point.

Des anomalies ponctuelles de plus de 1000 nT par rapport au bruit de fond sont présentes dans certains secteurs du lac. La première est située dans la baie de Chambord-Roberval. Les informations disponibles ne permettent pas de préciser la nature de l'anomalie. Une origine intrusive serait probable. Compte tenu de la position géographique du secteur par rapport à l'extension vers l'ouest du graben du Saguenay, ce corps intrusif pourrait être de composition alcaline (carbonatite, kimberlite ?).

Les données magnétométriques brutes ou filtrées montrent la présence de nombreuses petites anomalies. Ces dernières sont plus facilement localisables dans les secteurs à faibles intensité et variabilité du champ magnétique total. Certaines de ces anomalies sont situées dans les fosses profondes du lac. Il serait important de procéder à un levé au sonar à balayage latéral pour vérifier la présence d'événements sur le fond sédimentaire. De plus, l'acquisition de données sismiques aquatiques permettrait de vérifier la prolongation en profondeur de ces zones anormales.

Les résultats obtenus au cours de l'An1 de la Phase 1 du programme d'exploration sont préliminaires. Ils seront intégrés à ceux de l'An2 et de l'An3 pour éventuellement identifier des zones d'intérêt. Il est recommandé pour l'An2 : (1) de procéder, tel que prévu, aux levés géophysiques mobiles de surface (magnétométrique et électromagnétique) incluant un levé de sismique aquatique et un levé sonar à balayage latéral. Une étude détaillée du potentiel pétrologène des différentes unités de roches sédimentaires ainsi qu'une étude structurale sont recommandées.

# TABLE DES MATIÈRES

	<u>page</u>
Sommaire	2
Table des matières	3
1. INTRODUCTION	5
1.1. Localisation de la propriété Lac St-Jean	5
1.2. Obligations statutaires de JAG	7
1.3. Programme d'exploration quinquennal	7
2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET TRAVAUX ANTÉRIEURS	9
2.1. Contexte géologique	9
2.2. Travaux antérieurs	12
2.3 Contextes géologique et hydrographique	13
2.4 Hydrographie et bathymétrie du lac St Jean	15
3. TRAVAUX D'EXPLORATION DE L'AN 1	19
3.1 Méthodologie	20
3.1.1 Dispositif (réseau de lignes)	20
3.2 Levé magnétométrique et CDGPS	22
3.3 Levé magnétométrique mobile à la surface du lac St Jean	23
3.3.1 Corrections des données	23
3.4 Présentation des données (sections)	23
3.5 Présentation des cartes de données magnétométriques mesurées sur le lac St Jean	33
3.6 Discussion	41
4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS POUR L'AN 2	42
5. REMERCIEMENTS	44
6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	45
<b>ANNEXE 1 : DONNÉES DES STATIONS DE BASE (VARIATIONS DIURNES)</b>	<b>46</b>
<b>ANNEXE 2 : SECTIONS DES DONNÉES CORRIGÉES DU CHAMP MAGNÉTIQUE TOTAL</b>	<b>52</b>
<b>ANNEXE 3 : Cartes des données corrigées et filtrées des levés magnétométriques de 2007 (format 11*17).</b>	<b>76</b>

# 1. INTRODUCTION

En mars 2006, **JAG** a obtenu du gouvernement du Québec cinq permis de recherche pour le gaz et le pétrole totalisant 99 945 hectares dans la région du Lac St-Jean (fig. 1).

La propriété Lac St-Jean fait partie d'un groupe de trois propriétés jalonnées par **JAG** en 2006, qui font l'objet de travaux d'exploration et de recherche de gaz et de pétrole. **JAG** a publié un programme d'exploration quinquennal visant ces propriétés en décembre 2006 (Laroche et Richer-LaFlèche, 2006). Le présent rapport présente les résultats des travaux d'exploration et de mise en valeur de l'An1 (Phase 1) menés sur la propriété Lac St-Jean à l'hiver 2007 et terminé au début de l'été 2007..

## 1.1. LOCALISATION DE LA PROPRIÉTÉ LAC ST-JEAN

**JAG** a acquis au lac St-Jean, une zone de 99 945 hectares, située dans les unités sédimentaires ordoviciennes qui couvrent et entourent la partie ouest du lac. Le secteur demeure relativement inexploré jusqu'à maintenant pour son potentiel en hydrocarbures. Même si elle en est éloignée géographiquement, on considère cependant que la propriété Lac St-Jean fait partie du bassin des Basses-Terres du St-Laurent.

La propriété Lac St-Jean comprend cinq permis : 2006PG839, 2006PG840, 2006PG841, 2006PG842 et 2006PG843 (fig. 1). La **figure 2** montre la localisation des principales municipalités bordant le lac St-Jean. Notez que les travaux géophysiques réalisés dans le cadre de ce projet couvrent la demi sud-ouest du lac.

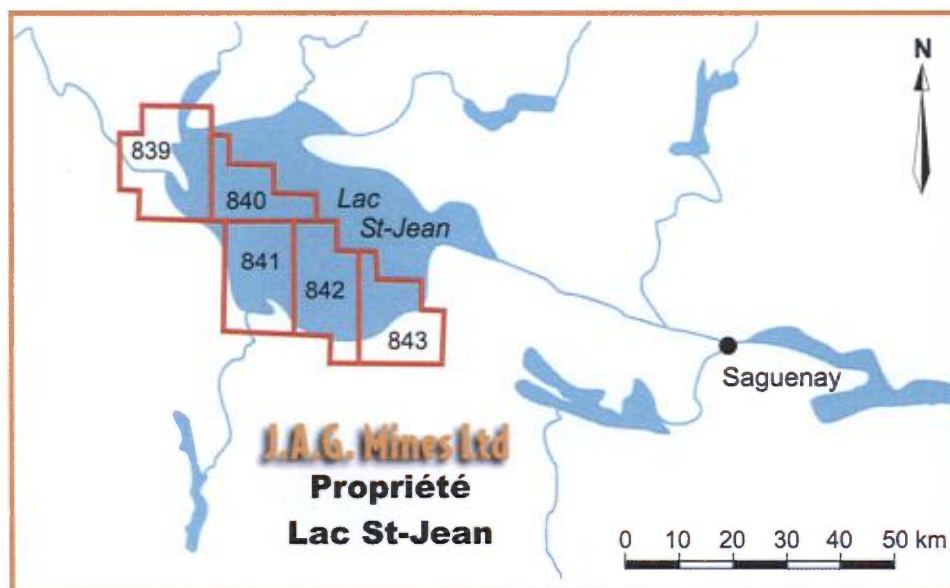
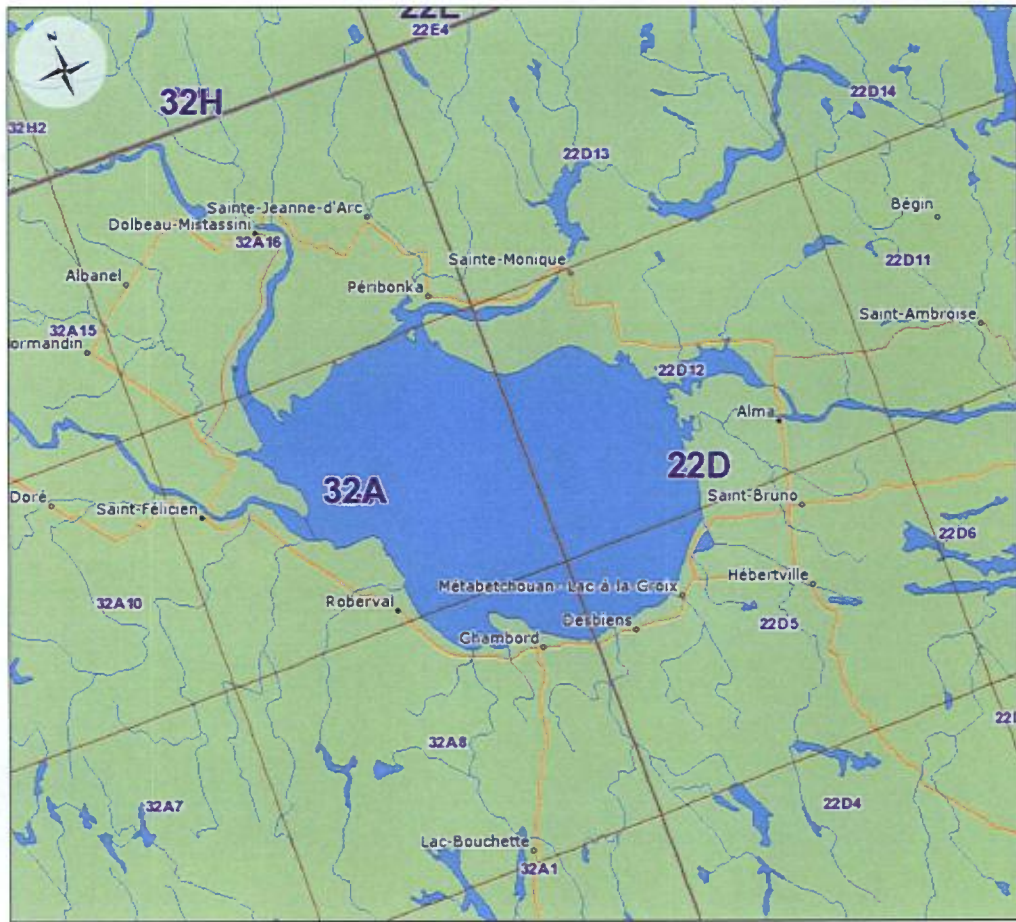


Fig.1. Localisation de la propriété Lac St-Jean, Les Mines **JAG** ltée.



**Fig. 2.** Carte de localisation du lac St-Jean et des principales municipalités bordant le lac. Les caractères alphanumériques en bleu correspondent à la subdivision SNRC du territoire.

## 1.2. OBLIGATIONS STATUTAIRES DE JAG

Les permis de recherche accordés ont été émis pour une période initiale de cinq ans avec possibilité de renouvellement annuel pour cinq autres années. Les obligations reliées au maintien de ces titres se composent d'une rente annuelle de 0,10 \$ l'hectare et d'un minimum de travaux d'exploration statutaires devant être exécutés à chaque année. Ces travaux équivalent à 0,50 \$ par hectare la première année et augmentent de 0,50 \$ par hectare à chaque année subséquente pour atteindre 2,50 \$ l'hectare la cinquième année.

Le tableau 1 présente les obligations de dépenses minimales de **JAG** pour la propriété Lac St-Jean. Les travaux statutaires discutés dans le cadre du présent rapport ont été exécutés au cours de l'An 1.

**Tableau 1.** Dépenses minimales requises sur les permis de recherche de la propriété Lac St-Jean.

PÉRIODE	RENTE ANNUELLE (0,10 \$/HA)	COÛTS D'EXPLORATION	TOTAL
<b>Lac St-Jean – 99 945 Ha</b>			
11/03/2006 au 10/03/2007	9 994,50 \$	49 972,50 \$	967,00 \$
11/03/2007 au 10/03/2008	9 994,50 \$	99 945,00 \$	939,50 \$
11/03/2008 au 10/03/2009	9 994,50 \$	149 017,50 \$	912,00 \$
11/03/2009 au 10/03/2010	9 994,50 \$	199 890,00 \$	884,50 \$
11/03/2010 au 10/03/2011	9 994,50 \$	249 862,50 \$	857,00 \$

## 1.3. PROGRAMME D'EXPLORATION QUINQUENNAL

Afin de délimiter les zones montrant le meilleur potentiel de découvertes d'hydrocarbures sur la propriété Lac St-Jean et pour réduire les risques financiers associés à l'exploration, **JAG** a réparti les travaux envisagés en deux phases principales.

**Phase 1.** Les travaux entrepris au cours de cette première phase d'exploration visent la délimitation des zones d'intérêt. Pour ce faire, **JAG** a décidé d'adopter une approche multidisciplinaire novatrice tirant profit des avancées récentes de la géochimie et de la géophysique de surface et de sub-surface appliquées à l'exploration des hydrocarbures.

À l'aide d'une variété d'outils géochimiques et géophysiques relativement peu coûteux, **JAG** cherche à détecter les micro-fuites d'hydrocarbures légers migrant des réservoirs potentiels vers la surface et à mesurer, de diverses façons éprouvées, les anomalies géophysiques et les anomalies d'altération chimique des sols et des roches sédimentaires provenant de la dégradation bactérienne des hydrocarbures localisés en sub-surface.

Cette première phase de reconnaissance et de définition du potentiel pétrologène de la propriété Lac St-Jean devrait être complétée au cours des deux premières années



d'exploration et près de 200 K\$ devraient y être investis (Laroche et Richer-LaFlèche, 2006).

**Phase 2.** Les zones anormales qui pourraient être décelées au cours de la phase 1 seront étudiées plus en détail lors de la seconde phase d'exploration (An3 à An5). Des moyens d'exploration conventionnels plus coûteux, tels que des levés de sismique réflexion et le forage de puits d'exploration, pourront alors être utilisés sur les sites les plus prometteurs.

Le plan d'exploration et les méthodes envisagées sont décrits en détail dans Laroche et Richer-LaFlèche (2006).

## 2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE ET TRAVAUX ANTÉRIEURS

### 2.1. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Bien que la grande région du lac St-Jean fasse partie de la province de Grenville, des roches sédimentaires ordoviciennes recouvrent en discordance stratigraphique les roches ignées et métamorphiques précambriennes le long de la rive sud-ouest du lac. La séquence sédimentaire totalise au moins 80 m d'épaisseur sur la terre ferme, mais l'épaisseur des roches sédimentaires qui pourraient être présentes sous le lac St-Jean demeure inconnue.

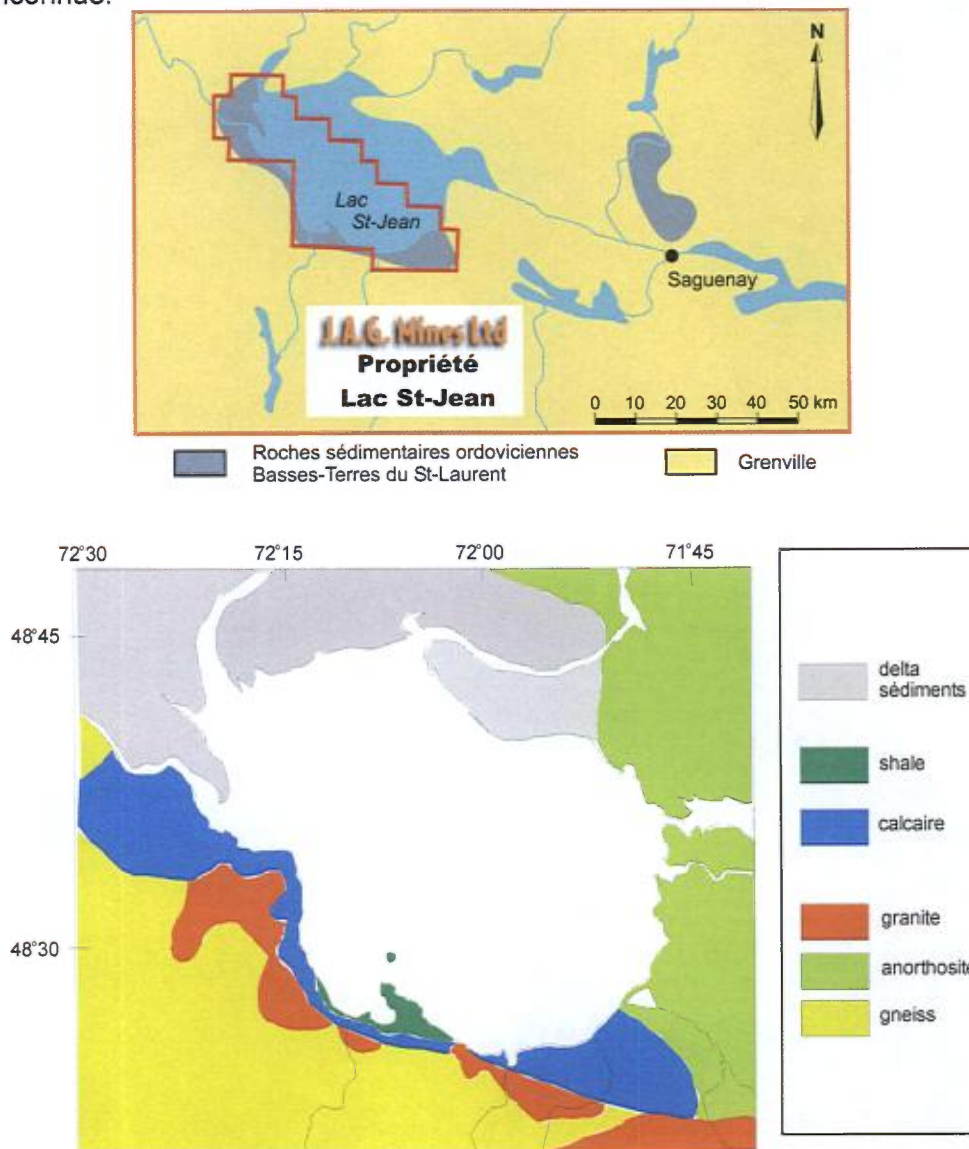


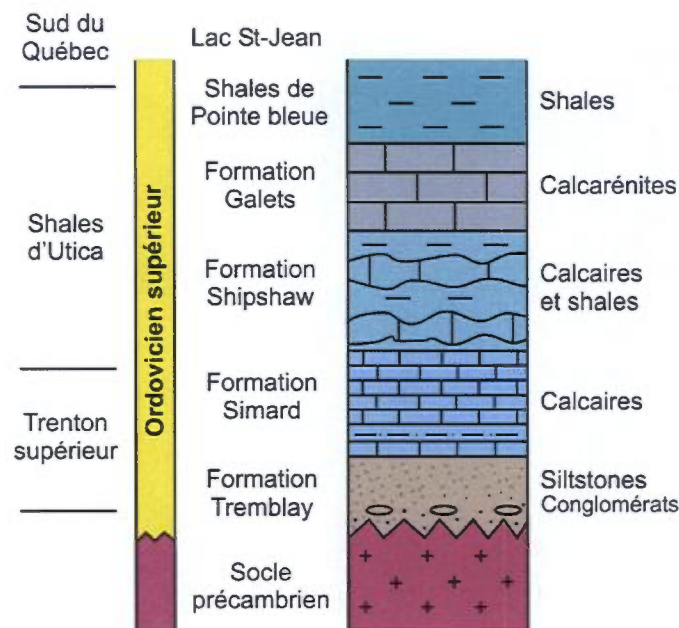
Fig. 3. Géologie de la propriété Lac St-Jean, Les mines JAG ltée.

### Stratigraphie des roches sédimentaires ordoviciennes dans la région du lac St-Jean

La séquence sédimentaire ordovicienne comprend quatre formations calcaires surmontées des shales (bitumineux) de Pointe Bleue.

La formation Tremblay repose en discordance sur le socle précambrien (**fig. 4**). D'une épaisseur maximale de 5 m, elle est composée de conglomérats, de grès calcaires et de siltstones. La transition entre la formation Tremblay et la formation Simard sus-jacente est graduelle et placée là, où les lits de calcaire représentent plus de 50 % de la séquence rocheuse.

Des calcaires à grain fin sont présents à la base de la formation Simard. Le contenu en bioclastes augmente graduellement vers le sommet de la formation dont l'épaisseur maximale est de 27 m (Lavoie et Asselin, 1998).



*Modifié de Lavoie et Asselin (1998)*

**Fig. 4.** Stratigraphie de la propriété Lac St-Jean, Les mines **JAG** ltée.

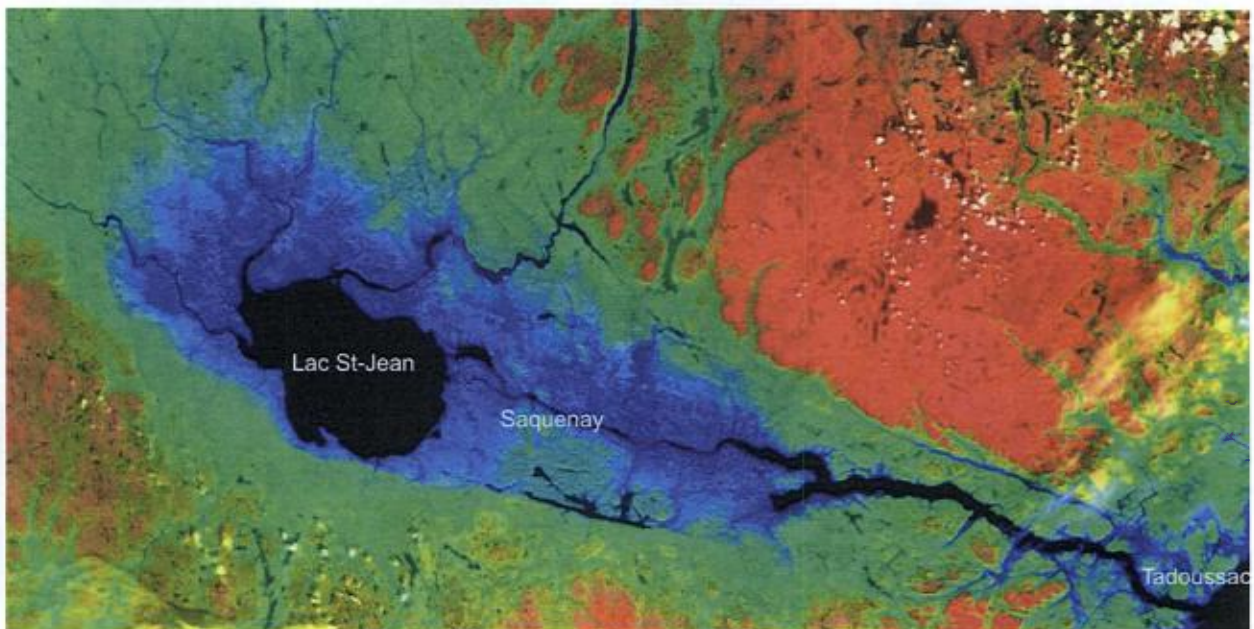
La transition entre les formations Simard et Shipshaw (environ 20 m d'épaisseur) est aussi graduelle et marquée par une augmentation de la proportion de shales interlités aux calcaires qui atteint de 10 à 25 %.

La formation Galets est principalement composée de calcarénites à bioclastes d'une dizaine de mètres d'épaisseur. Elle est surmontée par les shales de Pointe Bleue, qui marquent, dans la région, l'enfouissement de la marge continentale à la fin de l'Ordovicien supérieur.

Après la dernière glaciation, la fonte des glaciers et l'enfoncement isostatique de la région ont provoqué l'apparition de la mer de Laflamme connectée directement au fleuve Saint-Laurent. Les rives de cette mer d'eau salée se situaient au pied du mont Lac-Vert au sud, puis à Lamarche et Saint-Ludger-de-Milot au nord. Au fil du temps, les eaux se sont retirées pour former le lac que l'on connaît aujourd'hui.

La carte altimétrique *Radarsat* présentée à la **figure 5** permet d'estimer l'étendu de l'ancienne mer quaternaire (zones en bleu sur la carte). La zone en bleu foncé sur la carte correspond à une altitude de 100m (niveau actuel du lac St-Jean). Les zones en jaune, orangé ou rouge sont des secteurs topographiquement plus élevés correspondants aux terrains gneisso-granitiques du bouclier précambrien (province tectonique du Grenville). Une zone structurale majeure orientée approximativement NO-SE et suivant le fjord du Saguenay correspond au graben du Saguenay. Ce dernier, datant de la fin du précambrien au début du cambrien serait responsable du développement d'un important réseau de fracturation ainsi que de la mise en place de magmas alcalins et possiblement de kimberlites.

### Carte altimétrique du bassin du lac St-Jean



**Fig.5.** Carte altimétrique Radarsat du lac St Jean et du Saguenay. Notez que le lac St Jean, représenté en bleu, est à une altitude de 100m. Source : Ressources Naturelles Canada.

## 2.2. TRAVAUX ANTÉRIEURS

Très peu de travaux d'exploration en hydrocarbures ont été effectués dans la région du lac St-Jean. Aucun levé de sismique réflexion n'est reporté pour ce secteur et les données de compilation disponibles sur le site du MRNFQ ne font état que de trois puits forés entre 1954 et 1962.

En 1954, la Chambord Oil Company a implanté deux forages dans le canton de Matabetchouan<sup>1</sup>, mais les rapports de forage ne discutent pas du potentiel en hydrocarbures des roches traversées.

Le Chambord Oil No1, d'une profondeur totale de 325 pieds (98 m), a intersecté sous 90 pieds (27 m) de mort-terrain, environ 50 pieds (15 m) de shales riches en matière organique, surmontant 185 pieds (56 m) de calcaires. Dans ce forage, les calcaires les plus profonds reposent en discordance sur des roches précambriennes qui constituent le socle du bassin sédimentaire ordovicien. Le forage Chambord Oil No2 a également intersecté des shales riches en matière organique à des profondeurs situées entre 195 pieds (59 m) et 215 pieds (65 m). Les shales y surmontent une succession de calcaires située en discordance sur le socle précambrien à près de 325 pieds (98 m) de profondeur.

En 1962, Boissoneau et Simard Société d'Exploration a implanté un troisième puits dans le secteur de Matabetchouan-Chambord (le puits B & S No 2 Chambord)<sup>2</sup>. Ce forage aurait intersecté des schistes noirs bitumineux sur une centaine de pieds (30 m) et environ 70 pieds (21 m) de calcaires fossilifères. Des traces d'huile, présentes dans de petites cavités du calcaire, ont été rapportées.

D'autres indications secondaires suggèrent la présence d'hydrocarbures (gaz ou huile) dans les sédiments meubles de la région. Des odeurs de gaz et des traces d'huile ont été rapportées dans des sédiments meubles de la région de Kénogami<sup>3</sup> et la présence de gaz naturel dans le secteur de Chambord<sup>4</sup>. À cet endroit, il y aurait eu un accident relié à une explosion de méthane dans un puits d'eau creusé à 85 pieds (26 m) de profondeur. Sans données isotopiques, il est impossible de savoir si ces hydrocarbures proviennent de fuites de réservoirs géologiques ordoviciens ou de la dégradation plus récente de matière organique.

En 1974, Marchand<sup>5</sup> a estimé le volume de schistes riches en matière organique à  $16 \times 10^9$  pieds<sup>3</sup> dans le bassin du lac St-Jean (environ 8 milles de longueur x 1 mille de largeur x 70 pieds d'épaisseur). Ainsi, il semble que les dimensions du bassin sédimentaire soient suffisantes pour qu'un réservoir d'hydrocarbures ait pu se former.

Au cours des années 1980, des chercheurs de l'INRS-Géoressources<sup>6</sup> ont estimé que le potentiel de génération d'hydrocarbures de deux échantillons de schistes de Pointe-Bleue pouvait atteindre 120 litres d'hydrocarbures par tonne de schiste bitumineux.

---

<sup>1</sup> MRNFQ, GM 11480.

<sup>2</sup> Dossier MRNFQ 19620E010-02.

<sup>3</sup> MRNFQ, GM02860.

<sup>4</sup> MRNFQ, GM14649.

<sup>5</sup> MRNFQ, GM36020.

<sup>6</sup> Rudolph Bertrand, communication personnelle.

## 2.3 CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE et HYDROLOGIQUE

À l'exception des grands réservoirs hydroélectriques du Québec (ex. Baie-James), le lac Saint-Jean est le 3<sup>ème</sup> plus grand lac du Québec (1 041 km carrés) après les lacs Mistassini et à l'Eau Claire.

Autrefois, le lac était appelé Piékouagami (lac peu profond) par la nation amérindienne montagnaise. Situé en amont de la rivière Saguenay, le lac Saint-Jean est alimenté par plusieurs bassins hydrographiques dont ceux de la rivière Péribonka, la rivière Ashuapmushuan, la rivière Petite-Péribonka, la rivière Mistassini, la rivière aux Rats, la rivière Ticouapé, la rivière Ouatouchouane, la rivière Couchepaganiche et la rivière Métabetchouane (Fig. 5). La figure 6 présente une imagerie satellitaire du bassin du lac St-jean et de sa périphérie. Notez l'importance de l'activité agricole dans la région ainsi que l'étendu du couvert forestier.

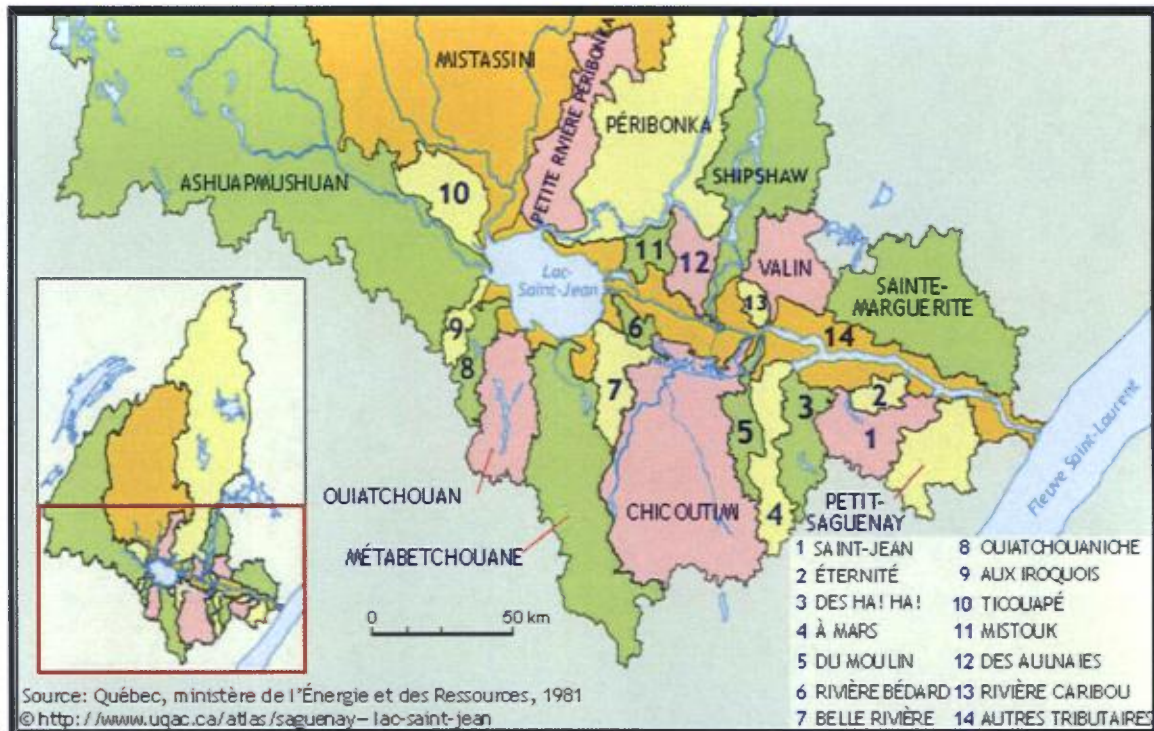


Fig. 5. Bassins versants alimentant le lac St-Jean.



**Fig. 6.** Photo satellite de bassin du lac St-Jean. Notez la distribution des terres agricoles et des surfaces boisées. Source : Ressources Naturelles Canada.

## 2.4 HYDROGRAPHIE ET BATHYMÉTRIE DU LAC ST JEAN

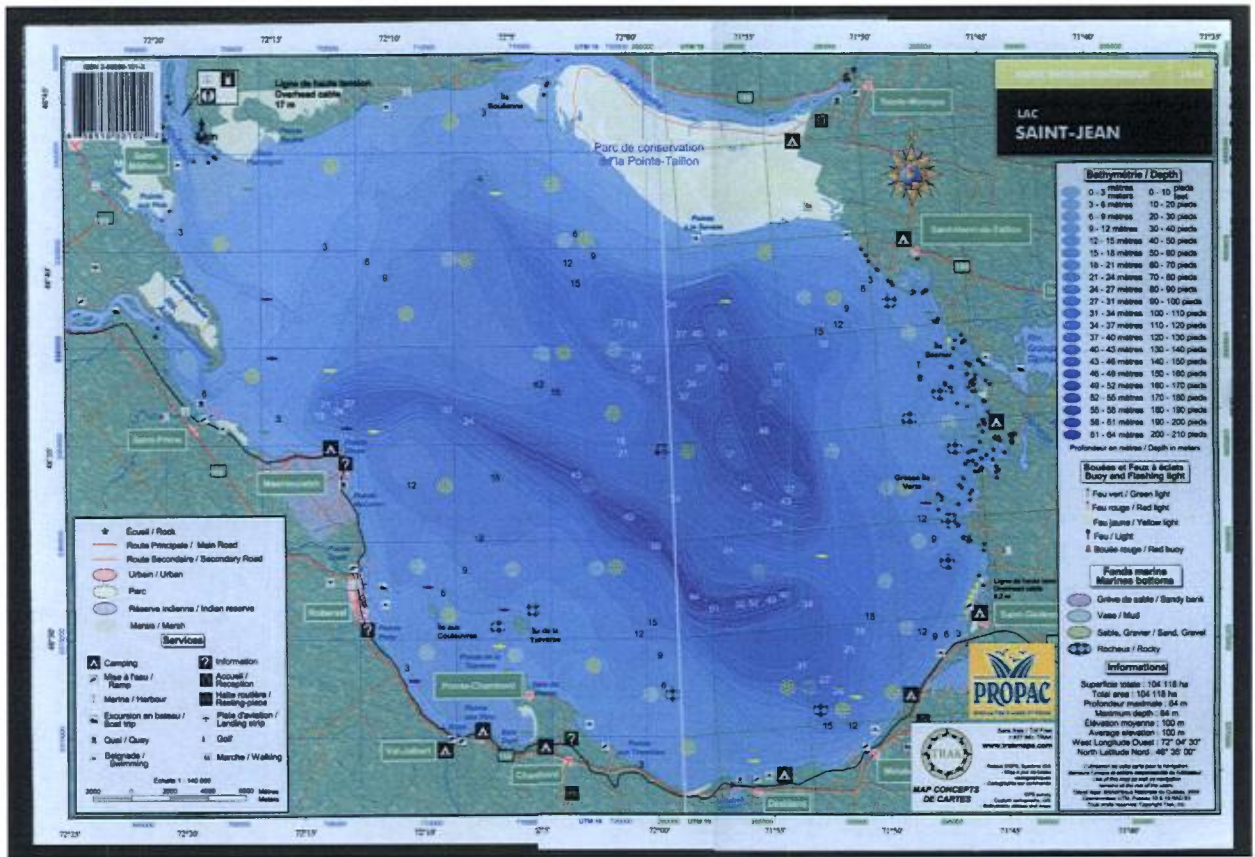
### Bathymétrie du lac

Le lac St Jean occupe une superficie de 104 118 hectares et sa profondeur maximale est de 64m (Fig.7). L'altitude du plan d'eau en période estivale normale est de 100m.

La carte bathymétrique (Fig. 7) permet de visualiser les variations d'épaisseur de la colonne d'eau du lac pour la période estivale. La carte montre une faible bathymétrie dans les secteurs de Metabetchouan, Desbiens, Chambord et Roberval. Dans cette zone, la bathymétrie varie de 0 à 6 m et les sédiments de fond sont surtout constitués de vase. À l'est de l'île aux Couleuvres et près de l'embouchure de la rivière Metabetchouan le fond du lac est généralement sableux ou graveleux. Localement, entre la pointe de Chambord et l'île de la Traverse, le roc est présent sous l'eau. Ce roc est également omniprésent en périphérie de l'île de la Traverse. L'extrémité N-O du lac est marquée par une bathymétrie inférieure à 3m associée à un fort degré d'ensablement du secteur. Cette région, située entre Saint-Prime et l'île Bouliane (à l'embouchure de la Péribonka) est très difficilement navigable en période estivale.

Une fosse orientée approximativement à N330° est présente à environ 12 km au nord-est de la pointe de Chambord. Cette dernière montre des variations bathymétriques de 15 à 64 m. Une seconde fosse, plus large et moins linéaire, est présente à environ 11 km au nord-ouest du secteur St-Gédéon. Cette fosse est caractérisée par des profondeurs variant de 18 à 46m (Fig. 7). Notez que la fosse orientée à N330° s'aligne sur des linéaments régionaux parallèles au graben du Saguenay.



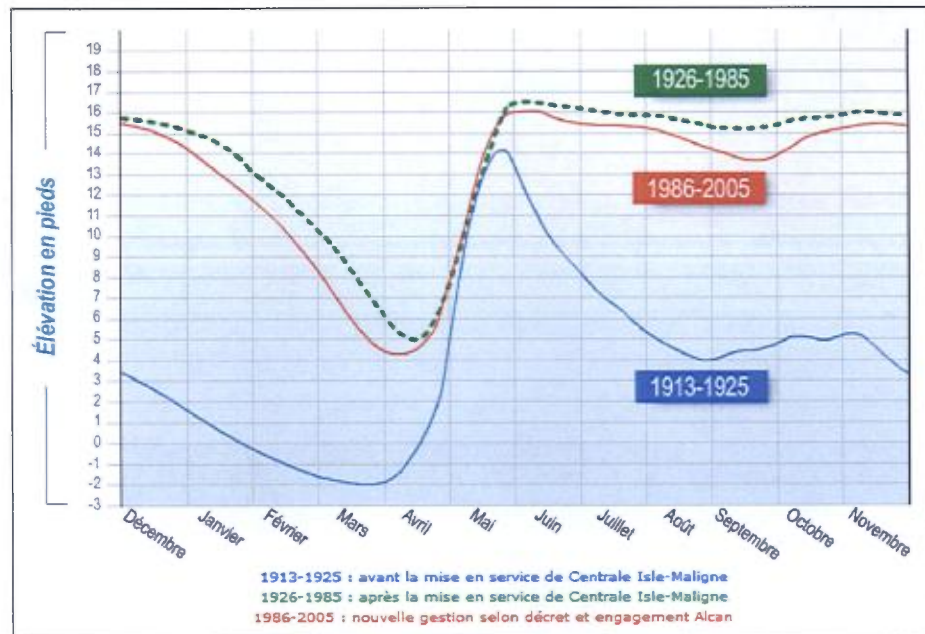


**Fig. 7.** Carte bathymétrique du lac St Jean. Notez la présence de fosses plus profondes dans les parties centre et est du bassin. Notez la très faible bathymétrie du lac dans les autres secteurs. Source *Trak inc.*

## Hydrologie et variations du niveau de l'eau du lac

Sous l'impulsion de la société *Saguenay Development Company* des travaux d'implantation de huit barrages furent réalisés entre 1923 et 1925 (ex. centrale d'Isle-Maligne). Ces barrages ont rapidement augmenté le niveau du lac de 17,5 pieds en ennoyant une superficie considérable de terres agricoles et de boisés. Conséquemment, la superficie du lac actuel est beaucoup plus grande que celle datant d'avant 1925.

La **figure 8** permet de comparer la courbe hydrographique du lac actuel et celle antérieure à 1925. Les courbes montrent qu'avant 1925, le niveau du lac à la fin de l'hiver était de 6 à 7 pieds inférieur à celui d'aujourd'hui. De la même façon, avant 1925, en juillet le niveau du lac était environ 9 pieds inférieur aux valeurs observées actuellement. Ces courbes permettent d'estimer l'impact de l'implantation des barrages sur la bathymétrie du lac.

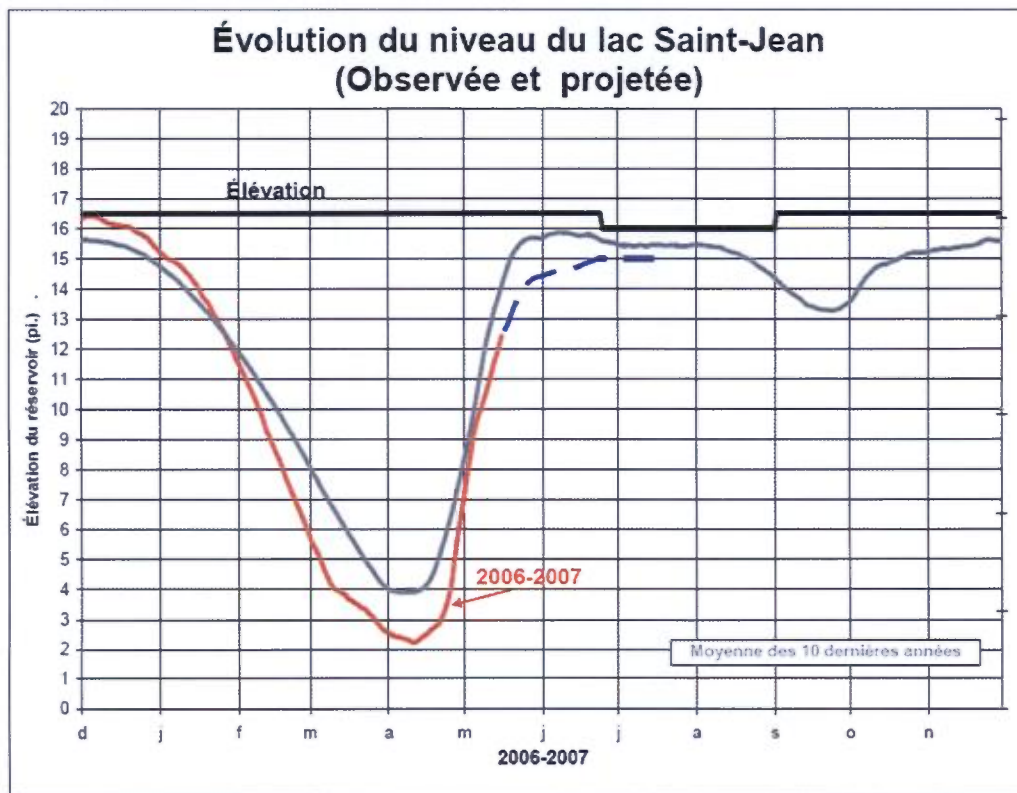


**Fig. 8.** Variations du niveau de l'eau du lac St-Jean en fonction des mois de l'année et des périodes avant et après 1925. Notez la hausse systématique du niveau de l'eau suite à l'implantation des barrages vers 1925.

## Variations du niveau de l'eau du lac St-Jean en 2007

Le mois de mars 2007 a été plus froid que la normale saisonnière. La température moyenne observée a atteint  $-12,3^{\circ}\text{C}$ , soit  $3,2^{\circ}\text{C}$  de moins que la moyenne. A cette période de l'année, Alcan a enregistré des précipitations (neige ou pluie) de 44,1 mm soit environ 93% de la moyenne historique de précipitations. La crue printanière a été tardive en débutant vers le 20 avril (source : À prop-EAU vol. 17, No1).

La **figure 9** montre l'évolution du niveau de l'eau du lac St-Jean en fonction des mois de l'année 2007. Notez que lors des travaux de géophysique en février-mars 2007 le niveau de l'eau était de 15 pieds inférieur à celui du niveau de référence estival. Plus spécifiquement, le niveau de l'eau en mars 2007 était de 1,7 pied inférieur à la moyenne pour cette période de l'année. Le bas niveau de l'eau du lac en période hivernale implique que certains secteurs ayant fait l'objet de levés géophysiques devaient être pratiquement à sec lors des travaux de terrain de l'hiver 2007.



**Fig. 9.** Évolution du niveau de l'eau du lac Saint-Jean de décembre 2006 à décembre 2007. Notez que les données de juin à décembre 2007 sont projetées.

### 3. TRAVAUX D'EXPLORATION DE L'AN 1

La première phase (An1 à An3) du plan d'exploration de **JAG** vise à déterminer si les conditions géologiques générales ont rendu possible l'accumulation d'hydrocarbures et à vérifier le potentiel pétrologène des roches sédimentaires présentes sur la propriété Lac St-Jean.

Pour ce faire, **JAG** a prévu utiliser un éventail d'outils analytiques (géologiques, pétrographiques, géochimiques, géophysiques de surface) peu coûteux pour identifier des halos d'altération qui auraient pu être causés par la présence et les suintements éventuels d'hydrocarbures.

La phase 1 prévoit ainsi la réalisation d'études géophysiques et géologiques de base et l'identification des zones d'intérêt. Les travaux effectués au cours de l'An1 et ceux prévus pour l'An2 et l'An3 se répartissent comme suit.

- AN 1** Levé géophysique de surface.
  - 1- Levé magnétométrique mobile à la surface du lac.
  
- AN 2** Détermination du potentiel pétrologène des roches sédimentaires et identification des zones d'intérêt.
  - 2- Échantillonnage des séquences lithologiques affleurant sur la propriété.
  - 3- Analyses géochimiques (majeurs et traces) des roches sédimentaires paléozoïques.
  - 4- Analyse de la maturation thermique de la matière organique des roches sédimentaires paléozoïques.
  - 5- Analyse des carbonates par spectrométrie de réflectance diffuse.
  - 6- Levés géophysiques de surface (levés magnétométrique et électromagnétique à la surface du sol).
  - 7- Levé sismique aquatique sur le lac St-Jean
  
- AN 3** Levés pédogéochimiques et géophysiques
  - 1- Levés pédogéochimiques (désorption thermique des hydrocarbures)
  - 2- Levés radiométrique et de susceptibilité magnétique sur les sites d'échantillonnage pédogéochimique.
  - 3- Levés magnétotelluriques à source contrôlée (très forte pénétration).

## 3.1 MÉTHODOLOGIE

### 3.1.1 DISPOSITIF (RÉSEAU DE LIGNES)

Pour permettre la réalisation du levé géophysique sur le lac St-Jean nous avons procédé au prélèvement de données géophysiques en suivant un réseau de lignes orientées N330°. Un GPS de navigation (de type marin Garmin 3600) a été utilisé lors des levés car la visibilité sur le lac était rarement acceptable. Ce constat résulte d'une période anormalement froide à la fin de février et au début de mars 2007 (À prop-EAU-Alcan: avril 2007). Des vents violents en provenance du nord créaient des conditions de visibilité nulles sur le lac. Compte tenu d'une distance de plus de 40 km à parcourir pour traverser le lac et de la présence de nombreuses fissures (et de murs de glace de 1 à 2 m de hauteur), la réalisation des travaux était dangereuse. La dernière journée d'acquisition hivernale a été écourtée en raison de l'accumulation d'environ 30 cm d'eau au dessus de la glace. Ce contexte météorologique défavorable explique pourquoi certaines journées l'équipe de terrain n'a pu réaliser de levés géophysiques.

En février-mars 2007 les travaux ont été réalisés à l'aide d'un ARGO sur chenilles, de deux motoneiges et d'un traîneau de fibre de verre et aluminium spécialement fabriqué aux Escoumins pour l'INRS-ETE (traîneau 100% non magnétique). Ce traîneau a été remorqué à une distance de 15m de la motoneige pour éviter toutes interférences magnétiques provenant de la structure métallique de la motoneige ou du véhicule ARGO.

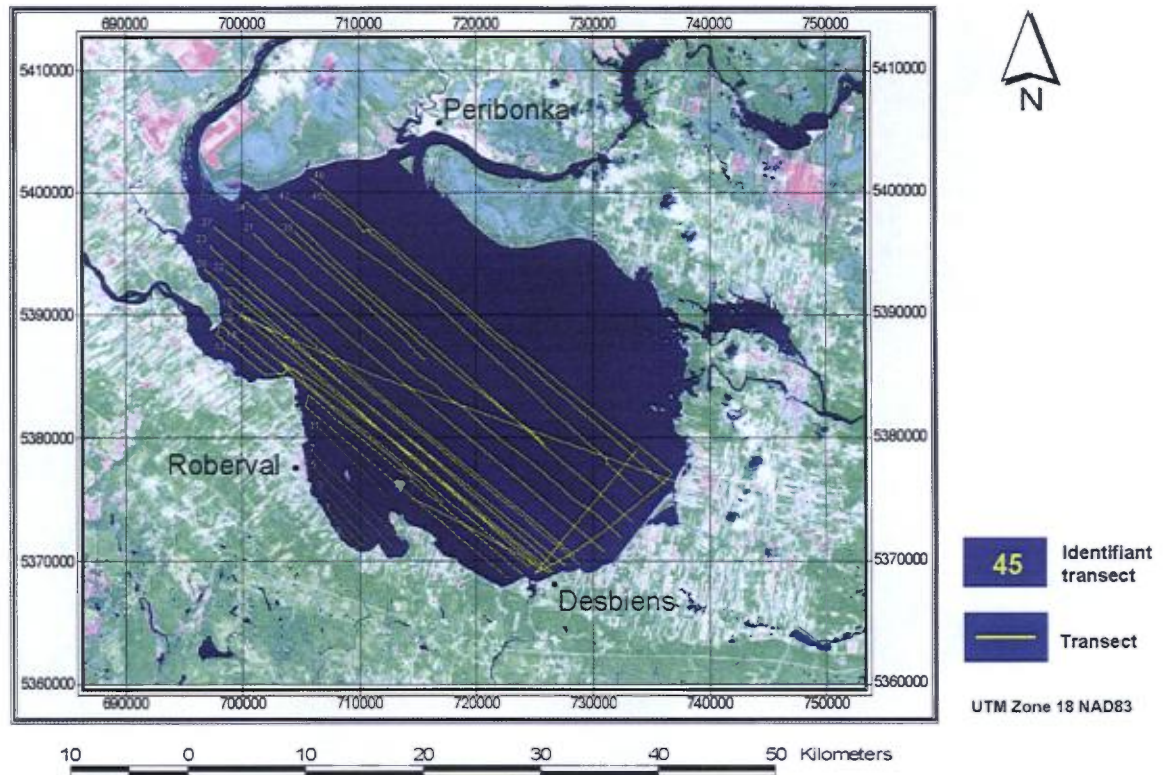
Lors du levé sur le lac, la vitesse de croisière était de l'ordre de 10-15 km/h. En présence de surfaces irrégulières, la vitesse pouvait atteindre 2 km/h. Cette précaution servait à protéger les équipements de géophysique installés dans le traîneau. Chaque matin, les levés débutaient dans la partie est du lac (secteur entre Desbiens et St-Gédéon). L'accès au lac se faisait dans le village de Desbiens soit par un sentier abrupte ou par une descente de bateau située à la sortie de la rivière Metabetchouan.

Au début de l'été 2007, un levé de plus courte durée a été réalisé afin de compléter le réseau de lignes sur le lac. Ce levé a été réalisé à l'aide d'un bateau pneumatique Polaris à coque rigide de 20 pieds équipé d'un moteur hors-bord de 90 HP et d'un équipement électronique de navigation complet (radar, sonar, DGPS). Le choix de l'embarcation a été dicté en fonction des conditions fréquemment difficiles de navigation sur le lac St-Jean lors de forts vents du nord ou d'orages. Lors du levé en bateau, ces conditions défavorables ont été rencontrées à plus 70% du temps. Certaines lignes ont été réalisées de nuit pour profiter de conditions de navigation plus favorables. Le magnétomètre-gradiomètre et le GPS sub-métrique ont été installés dans une annexe pneumatique de 9 pieds (non métallique) remorquée à une distance de 15m du bateau.

Pour l'ensemble des levés de 2007, un GPS de précision sub-métrique (et non-magnétique) était installé à 50cm du magnétomètre et couplé au système d'acquisition des données magnétiques. Ainsi, les données GPS contenues dans la banque de données reflètent la position réelle des données magnétiques mesurées sur le lac.

La **figure 10** présente un plan du dispositif de lignes réalisé en 2007 sur le lac St-Jean. Notez que les mauvaises conditions de navigation (ex. pannes de GPS à -20°C, vagues démesurées sur le lac) et des problèmes mécaniques peuvent expliquer l'aspect parfois un peu chaotique des lignes par endroit. Notez que la ligne diagonale sur la carte résulte d'une

erreur de navigation en raison de l'utilisation d'un nouveau compas de navigation sur la motoneige mal calibré pour l'interférence magnétique associée à la structure métallique de la motoneige. Ce dispositif a été utilisé lors d'une panne GPS. Toutefois, rappelons que les coordonnées spatiales des données prélevées sur le lac sont très précises (de l'ordre du mètre) et que l'ensemble des données a été utilisé pour réaliser les cartes du champ magnétique total.



**Fig. 10.** Carte de localisation des sections géophysiques réalisées sur le lac St-Jean.

### 3.2. LEVÉ MAGNÉTOMÉTRIQUE ET CDGPS

Dans ce projet, nous avons utilisé un magnétomètre-gradiomètre de type GSM-19 (v 7.0-déc. 2006) de type *walking mag and grad* (GEM Systems). Les options de l'appareil permettent une opération en mode continu (*walking mag and walking grad*) et ou discontinu (*mobile mag and grad*). L'appareil utilise le principe de l'effet Overhauser pour accentuer la polarisation des protons. Contrairement aux magnétomètres classiques à protons, la cellule de ce magnétomètre contient un radical libre ainsi qu'un générateur de radiofréquence (RF) qui permet de perturber le couplage électron-proton. En saturant les lignes de résonance des électrons libres, la polarisation des protons est plus efficace. Ce phénomène se traduit par la production de signaux plus intenses et ce malgré la présence de détecteurs sensiblement plus petits (utilisant moins d'énergie). De plus, le système de détection de l'appareil est plus tolérant à de fortes variations du champ magnétique.

Les données magnétométriques ont été prélevées à une fréquence de 5Hz ce qui correspond à 5 mesures par seconde. Ce mode d'acquisition génère de très gros fichiers de données (pouvant dépasser 100000 lignes d'acquisition). Le transfert sur ordinateur PC de ces données nécessite l'utilisation d'un nouveau logiciel de transfert (*GSM35logger*) développé par la compagnie *GEM systems* pour le transfert de données pour les levés hélicoptés.

Pour accentuer les contrastes magnétiques et localiser avec précision la présence de fines structures magnétiques, nous avons mesuré le gradient magnétique en utilisant un deuxième détecteur Overhauser situé à 1 m au dessus du premier. L'utilisation simultanée de deux capteurs superposés permet de calculer la différence des deux signaux, usuellement nommé 'pseudogradient'. Ce paramètre n'est pas influencé par les variations diurnes du champ magnétique terrestre. Ainsi, les données gradiométriques peuvent être comparées d'une zone à l'autre.

Les données du champ magnétique total, mesurées par le premier détecteur, ont été corrigées pour tenir compte de l'effet de dérive du champ magnétique terrestre lors du levé. Pour ce faire, nous avons utilisé une station de base (magnétomètre) de type GSM-19 fonctionnant en mode automatique (une mesure aux 4 secondes). Ces données ont été utilisées pour corriger les fluctuations reliées aux variations diurnes du champ magnétique terrestre. L'examen des banques de données permet également de constater qu'aucune tempête magnétique significative n'a perturbé les levés magnétométriques (**Annexe 1**).

Dans des conditions idéales, la sensibilité du magnétomètre GSM19 est de 0,01 nT et en fonction d'écart considérables de température cette sensibilité peut atteindre 0,2 nT.

Les données de positionnement GPS ont été acquises à l'aide d'un GPS de la compagnie NovAtel inc. (Canada) spécialement conçu pour une utilisation avec magnétomètre et possédant la capacité de capter les signaux du système canadien CDGPS. L'utilisation de ces données de correction permet d'obtenir une résolution sub-métrique. Comme spécifié par *GEM systems*, l'antenne du GPS était située à plus de 50 cm des senseurs magnétiques.

### 3.3. LEVÉ MAGNÉTOMÉTRIQUE MOBILE À LA SURFACE DU LAC ST-JEAN

#### 3.3.1 CORRECTIONS DES DONNÉES

##### **Station de base :**

Les données du champ magnétique total de la station de base ont été filtrées pour éliminer toutes données instrumentales corrompues. Pour ce faire, le critère de qualité du signal du magnétomètre (paramètre variant de 0 à 99%) a été utilisé pour sélectionner et éliminer les mauvaises données. De plus, les première et dernière minutes d'acquisition ont été éliminées afin d'éviter toutes perturbations provenant de l'opérateur ou de la stabilisation initiale du magnétomètre. Une valeur de 54859 nT a été utilisée comme valeur de référence de la station de base du site du Gîte Fleuri et une de 54960 nT pour le site situé en bordure du lac St-Jean à Desbiens (secteur de la station de pompage). Les données du magnétomètre mobile ont été corrigées par rapport à cette valeur. En fonction du temps (synchronisé au millième de seconde), l'écart relatif à la valeur de référence a été soustrait de la valeur mesurée par la station mobile. Les calculs de correction pour les variations diurnes ont été réalisés dans le logiciel SAS.

Les données des stations de base, rapportées en fonction du temps (en secondes), sont présentées à l'**Annexe 1**. Les variations du champ magnétique total observées sur les figures de l'**Annexe 1** ne montrent pas d'évidences de tempête magnétique. Notez qu'en période estivale les variations observées sont plus importantes qu'en hiver.

##### **Données de la station mobile :**

Avant de procéder à la correction pour la variation diurne du champ magnétique, les données de la station mobile ont été filtrées pour éliminer les valeurs aberrantes reliées à une faible qualité des données du magnétomètre ou à l'interférence d'objets métalliques lors du levé. Par exemple, lorsqu'une motoneige, un bateau ou une cabane de pêche étaient sur la trajectoire du levé (à une distance de moins de 25m), les données correspondantes ont été éliminées de la banque de données. Ces données ont été filtrées à partir d'une procédure dans le logiciel SAS.

### 3.4 PRÉSENTATION DES DONNÉES (LIGNES)

Afin de visualiser les données magnétiques prélevées sur le lac nous présentons dans un premier temps les données à partir de lignes. Les lignes orientées N330° sont numérotées de 1 à 45 (Fig. 11 à 15) et celles perpendiculaires et orientées à N060° sont numérotées de 999 à 1000 (Fig. 16). Notez que les lignes 999 et 1000 sont situées dans le secteur de St-Gédéon (partie est du lac).

##### **Lignes 1, 5, 7, et 11 :**

Ce secteur couvre une large baie du lac St-Jean comprise entre la pointe de Chambord et la ville de Roberval. Ce secteur montre beaucoup de variabilité du champ magnétique total. L'anomalie la plus marquante du secteur est visible sur la ligne 5 (**Fig.**



11). Cette ligne montre bien la forme de l'anomalie qui est caractérisée par une intensité du champ magnétique total de 57700 nT par rapport à un bruit de fond inférieur à 56500 nT. L'anomalie, géographiquement restreinte, est plus précisément située entre les secteurs de Pointe-Plate de Roberval et de Pointe-aux-Pins (secteur de Val-Jalbert). Les informations géologiques disponibles de ce secteur ne permettent pas d'expliquer l'origine de l'anomalie. La carte géologique suggère la présence de calcaires dans ce secteur et le contact avec le socle précambrien n'est pas très loin. Cette zone anomalique devrait faire l'objet d'une vérification subséquente.

Les lignes 7 et 11 montrent de plus fortes variabilités des valeurs du champ total (**Fig. 11**). Plus spécifiquement, en se rapprochant du secteur de la pointe McLaren (Roberval), les valeurs du champ total augmentent systématiquement. Cette hausse n'est pas corrélée à des variations bathymétriques significatives et une origine géologique est probable. Toutefois, pour l'instant, nous ne pouvons savoir si le secteur anomalique est d'origine quartenaire ou ordovicienne (plateforme calcaire). Des données sismiques permettraient de préciser ce point.

#### **Lignes 12, 14, 16, 17 et 18 :**

Ces cinq lignes montrent des variations du champ magnétique total relativement similaires. Le début des lignes du côté est du lac (secteur Metabetchouan-St-Gédéon) montre des valeurs du champ magnétique total inférieures à 56600 nT (**Fig. 12 et 13**). Cette zone de valeurs modérées est suivie d'une zone plus magnétique débutant à une longitude de  $-72.05$  à  $-72.06^\circ$  et se terminant vers  $-72,10^\circ$  à  $-72.12^\circ$  (domaine magnétique I). Le passage à cette zone plus magnétique est relativement rapide. Ce domaine magnétique est un élément très important du magnétisme du lac St-Jean. Ce dernier débute près de la pointe de Chambord et s'éloigne vers le large.

Plus à l'ouest, le domaine I est suivi d'un second domaine (domaine II) débutant vers  $-72,14^\circ$ . Ce domaine, partiellement observé sur les lignes 7 et 11 (**Fig. 11**), est bien marqué sur l'ensemble des lignes 12, 14, 16, 17 et 18 (**Fig. 12 et 13**). L'intensité maximum du champ total observé dans ce domaine est d'environ 56500 nT. Comme discuté pour les lignes précédentes, nous ne disposons pas de données géologiques ou géophysiques (ex. sismiques) suffisantes pour expliquer l'origine de ce domaine anomalique.

Les lignes des **figures 12 et 13** montrent de plus une zone plus magnétique située à l'embouchure de la rivière Ashuapmushuan. (entre  $-72.22^\circ$  et  $-72.30^\circ$ ). Ce secteur plus magnétique pourrait s'expliquer par la présence d'un delta sédimentaire formé entre autre lorsque cette rivière était plus active lors de la dernière déglaciation.

#### **Lignes 20, 22, 23:**

Ces lignes, situées progressivement plus au large de l'île de la Traverse, montrent encore l'anomalie associée au domaine I (**Fig. 13**). L'anomalie magnétique associée au domaine II est toujours visible mais très atténuée. Un plateau légèrement plus magnétique correspond à la suite de l'anomalie interprétée comme résultant de l'accumulation probable de sédiments deltaïques associés à la rivière Ashupmushuan. Cette zone est suivie sur les lignes 20 et 22 (**Fig. 13**) par une anomalie ponctuelle bien marquée. Cette anomalie

semble de nature isolée et inexplicée en raison des données géoscientifiques incomplètes dans ce secteur.

La ligne 23 se termine par une très forte augmentation du champ magnétique total. Cette zone anomalique apparaît à l'embouchure de la rivière Mistassini. Compte tenu de la présence d'un delta sédimentaire important à l'embouchure de la rivière Mistassini, il est probable qu'une partie de ce magnétisme soit associé à la présence de sables grossiers riches en magnétite. Ce type de sable est observé entre autre sur les plages du parc de conservation de la Pointe-Taillon. Cette interprétation préliminaire pourrait être facilement vérifiée par le prélèvement de sédiments car la bathymétrie est inférieure à 3m dans ce secteur. Alternativement, le rehaussement du champ magnétique total pourrait s'expliquer par la présence d'un granitoïde grenvillien présent sous le delta sédimentaire. L'inversion des données magnétiques devrait permettre de résoudre l'incertitude.

### **Lignes 27, 31, 34 et 35:**

Le début des lignes 31 à 35 dans le secteur Desbiens-Metabechouan montre la présence d'un domaine très fortement magnétique pouvant atteindre des valeurs de champ magnétique total de 58000 nT (**Fig. 14**). La zone plus magnétique débute vers  $-71.92^{\circ}$  et s'étend vers l'est (à l'extérieur du lac). Le contact entre ce domaine magnétique et la zone moins magnétique située plus à l'ouest est très abrupte et marquée par une dépression du champ magnétique total probablement produite par un phénomène de dipôle magnétique. Le secteur anomalique ne correspond pas à une zone bathymétrique particulière. Toutefois, dans cette partie du lac le fond est souvent constitué de roc ou de sables et graviers.

La signature magnétique du domaine anomalique I est toujours observable mais son intensité relative semble diminuer en raison de l'importance de l'anomalie située en début de ligne vers l'est. Cette zone passe progressivement à un plateau faiblement magnétique situé plus à l'ouest. Dans les lignes précédentes, ce secteur montre la présence d'un second domaine anomalique. Ce dernier n'est toutefois plus visible sur les lignes 31 à 35 (**Fig. 14**).

### **Lignes 36, 41, 42 et 45 :**

Ces lignes montrent beaucoup de similitudes avec les lignes précédentes (**Fig. 15**). Les débuts de ligne sont marqués par une forte anomalie positive du champ magnétique total qui correspond à l'anomalie observée sur les lignes 27 à 35 incl. (**Fig. 14**). Cette anomalie disparaît toutefois sur la ligne 45. Notez que selon la carte géologique de Tremblay (simplifiée à la figure 3), le secteur montrant la forte anomalie magnétique semble correspondre à une zone de calcaire. La puissance de l'anomalie magnétique observée met en doute cette interprétation géologique. Si la couverture de roches calcaires est présente dans ce secteur alors il faut impliquer la présence d'un corps granitique (ou autres roches) fortement magnétique présent sous la plateforme calcaire. D'un autre côté, nous ne pouvons totalement exclure la présence d'un autre delta sédimentaire dans ce secteur. Évidemment, la dynamique actuelle des rivières dans ce secteur ne peut expliquer ce phénomène. Toutefois, à la fin de la dernière glaciation, il se peut que ce secteur ait été très dynamique pour ce qui est de l'écoulement de l'eau et du transport de sédiments glaciaires. Des travaux additionnels seront nécessaires pour évaluer ces différentes hypothèses.

Les lignes 36 à 45 indiquent la présence d'un domaine magnétique relativement plat et monotone en direction de Dolbeau-Mistassini (ex. secteur de la pointe Racine) (à l'ouest de la longitude  $-72.08^{\circ}$ ) (**Fig. 15**). Ceci n'est pas étonnant constatant la très forte épaisseur de sable et la bathymétrie relativement uniforme et très peu profonde de ce vaste secteur du lac St-Jean. Toutefois une anomalie secondaire est observée sur la ligne 41 entre  $-72,01$  et  $-72,05$  de longitude. Cette anomalie devrait faire l'objet d'une vérification ultérieure. Notez la disparition de la très forte anomalie de début de ligne (vers l'est) sur la ligne 45 (**Fig. 15**).

### **Lignes perpendiculaires 999 et 1000 :**

Ces lignes orientées  $N060^{\circ}$  (NE-SO) ont été réalisées dans le but de recouper le présumé contact entre la plateforme sédimentaire et le bouclier précambrien identifié par extrapolation de la carte géologique du secteur (**Fig. 16**). Ces lignes sont situées le long de la côte rejoignant Desbiens et St-Gédéon. La **figure 16** montre les deux lignes qui débutent par un plateau magnétique de faible intensité et variabilité (moins de 55 000 nT) correspondant vraisemblablement à la plateforme calcaire et passant à un domaine très fortement magnétique avec des valeurs dépassant ponctuellement les 59 000 nT. Notez la nature abrupte du contact présumé entre les deux domaines magnétiques.

La fin des lignes se termine vers le NE par une zone moins magnétique mais de variabilité plus grande que celle observée en début de ligne au SO (**Fig. 16**). Cette signature pourrait être celle du socle gneissique précambrien qui devrait normalement être présent sous le lac dans ce secteur.

# Levé magnétométrique (Lac St-Jean)

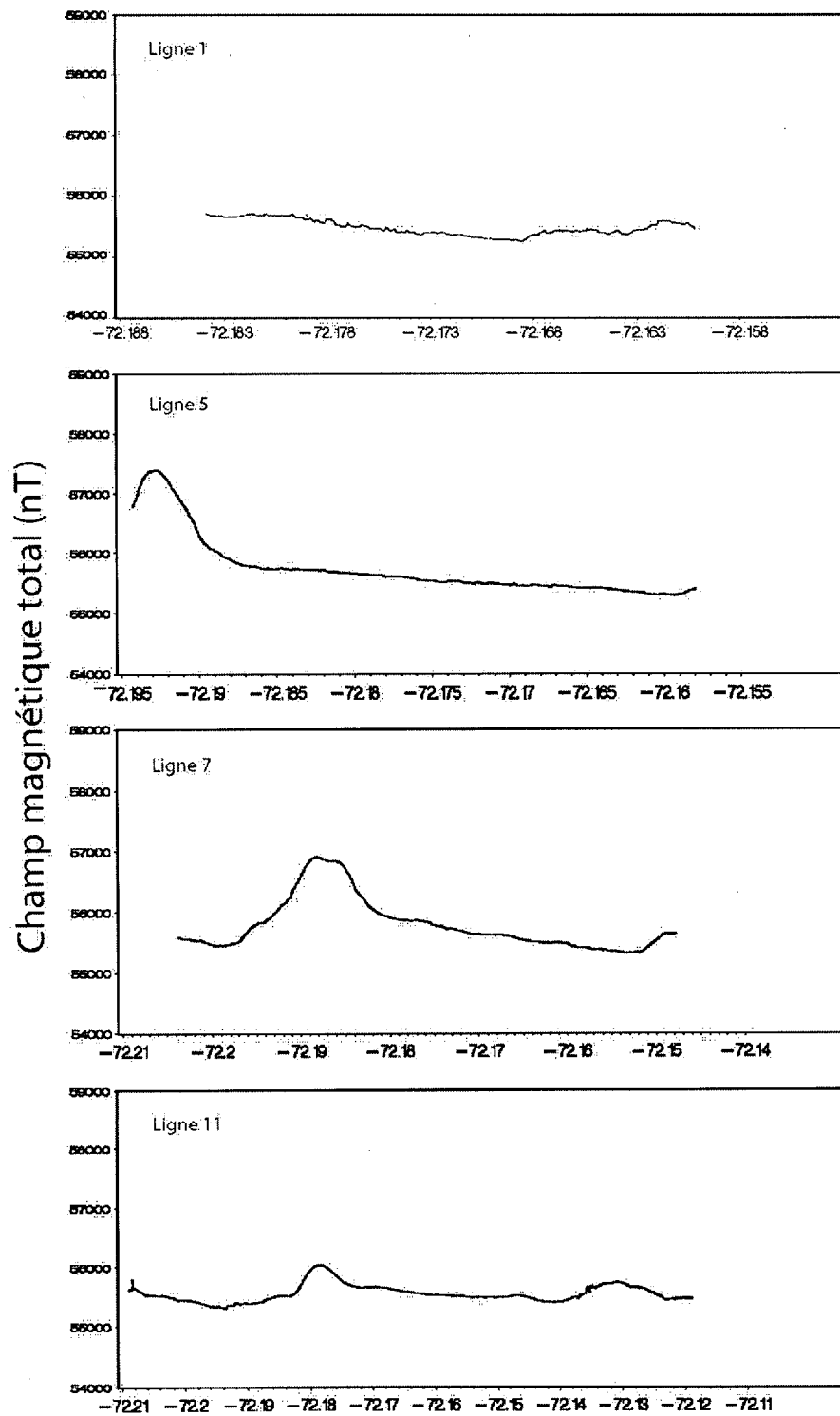


Fig. 11. Lignes 1, 5, 7 et 11 de la partie sud-ouest du la baie de Chambord-Roberval et d'orientation N330° (NO-SE).

# Levé magnétométrique (Lac St-Jean)

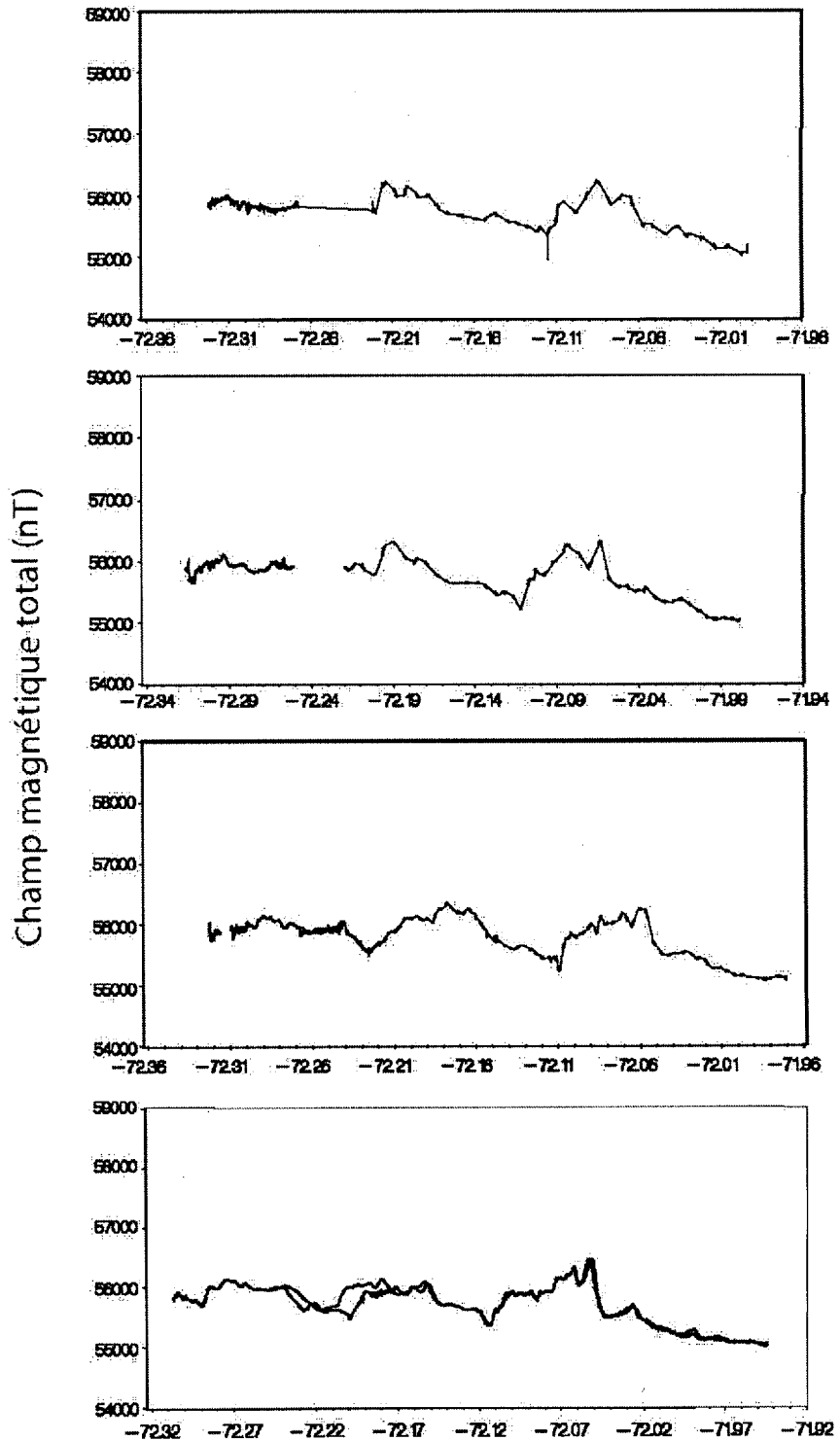
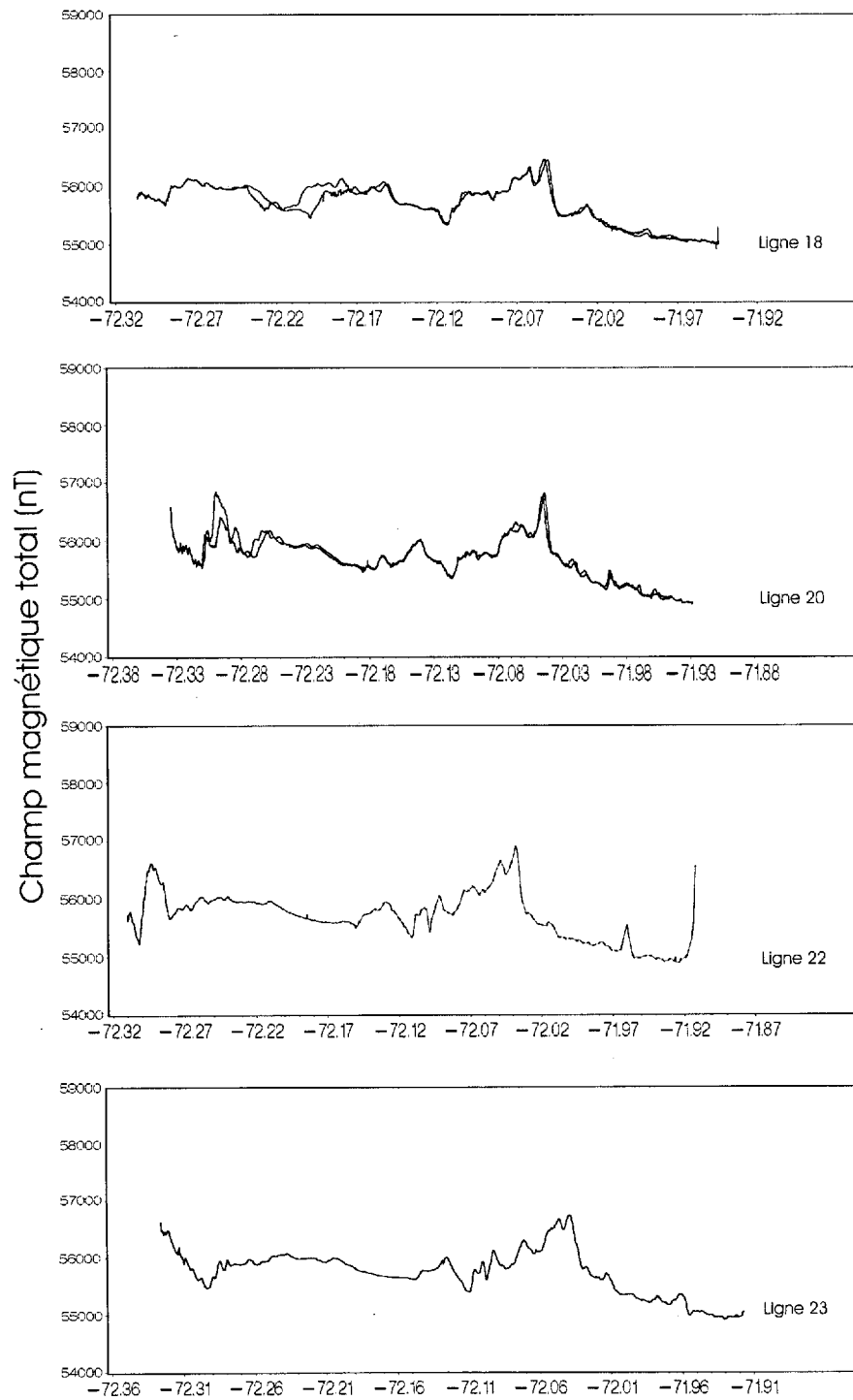


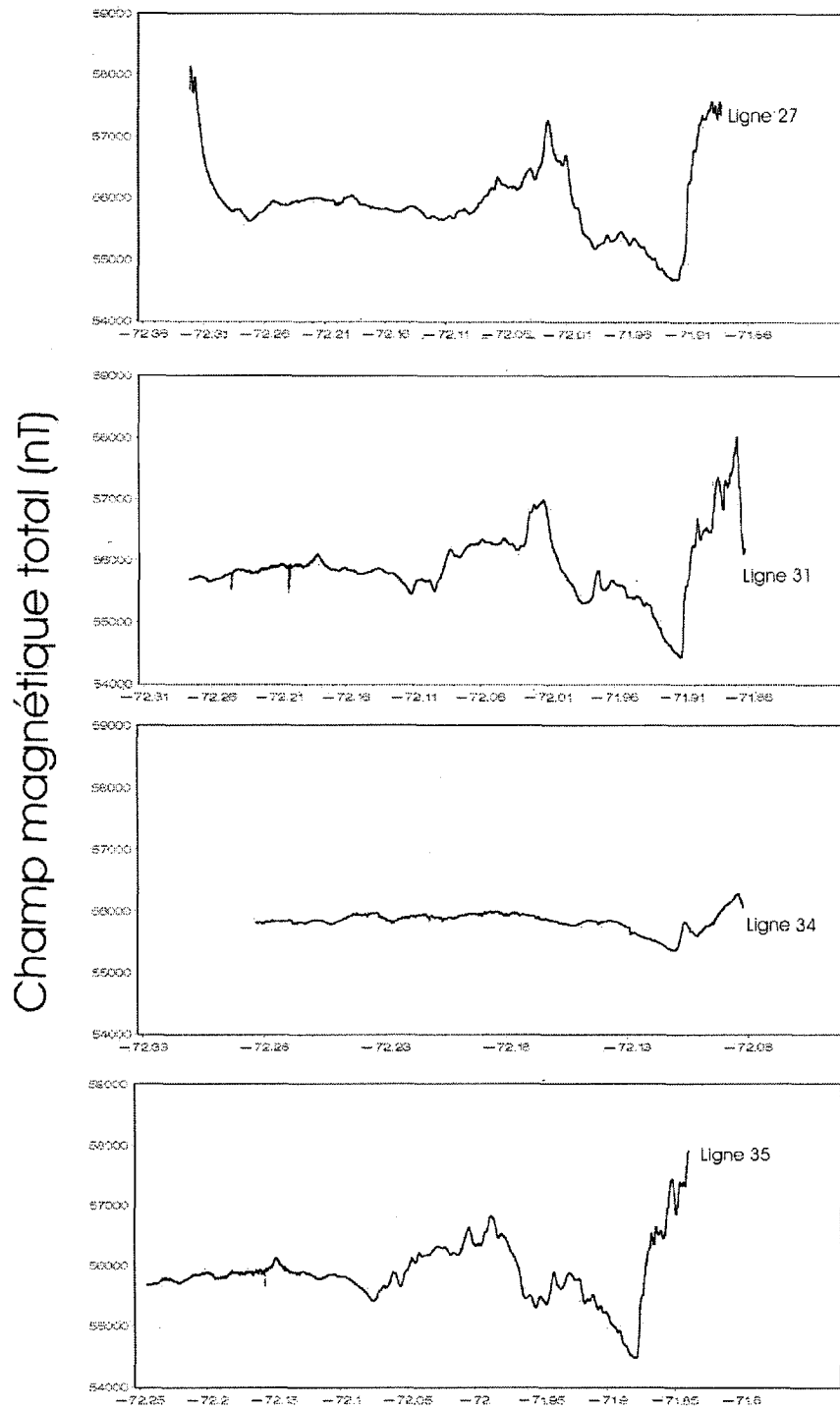
Fig. 12. Lignes 12, 14, 16 et 17 de la partie sud-ouest du lac St-jean et d'orientation N330° (NO-SE). Les lignes débutent dans le secteur de Desbiens-Metabetchouan.

### Levé magnétométrique (lac St-Jean)



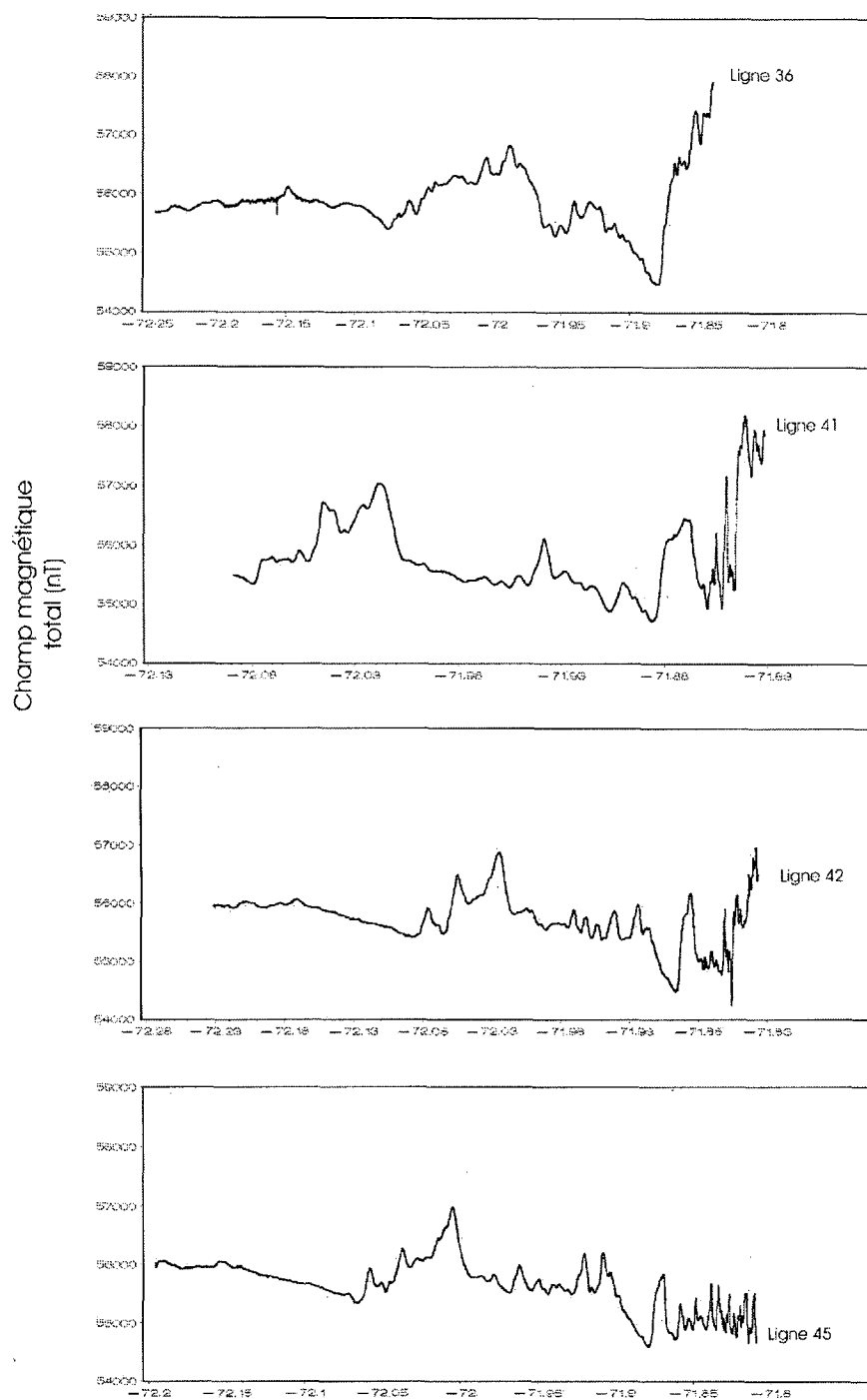
**Fig. 13.** Lignes 18, 20, 22 et 23 d'orientation N330° (NO-SE). Les lignes débutent dans le secteur de Desbiens-Metabetchouan et se terminent dans le secteur de Ste-Méthode.

Levé magnétométrique (lac St-Jean)



**Fig. 14.** Lignes 27, 31, 34 et 35 d'orientation N330° (NO-SE). Les lignes débutent dans le secteur de Metabetchouan-St-Gédéon et se terminent à l'embouchure de la rivière Mistassinni.

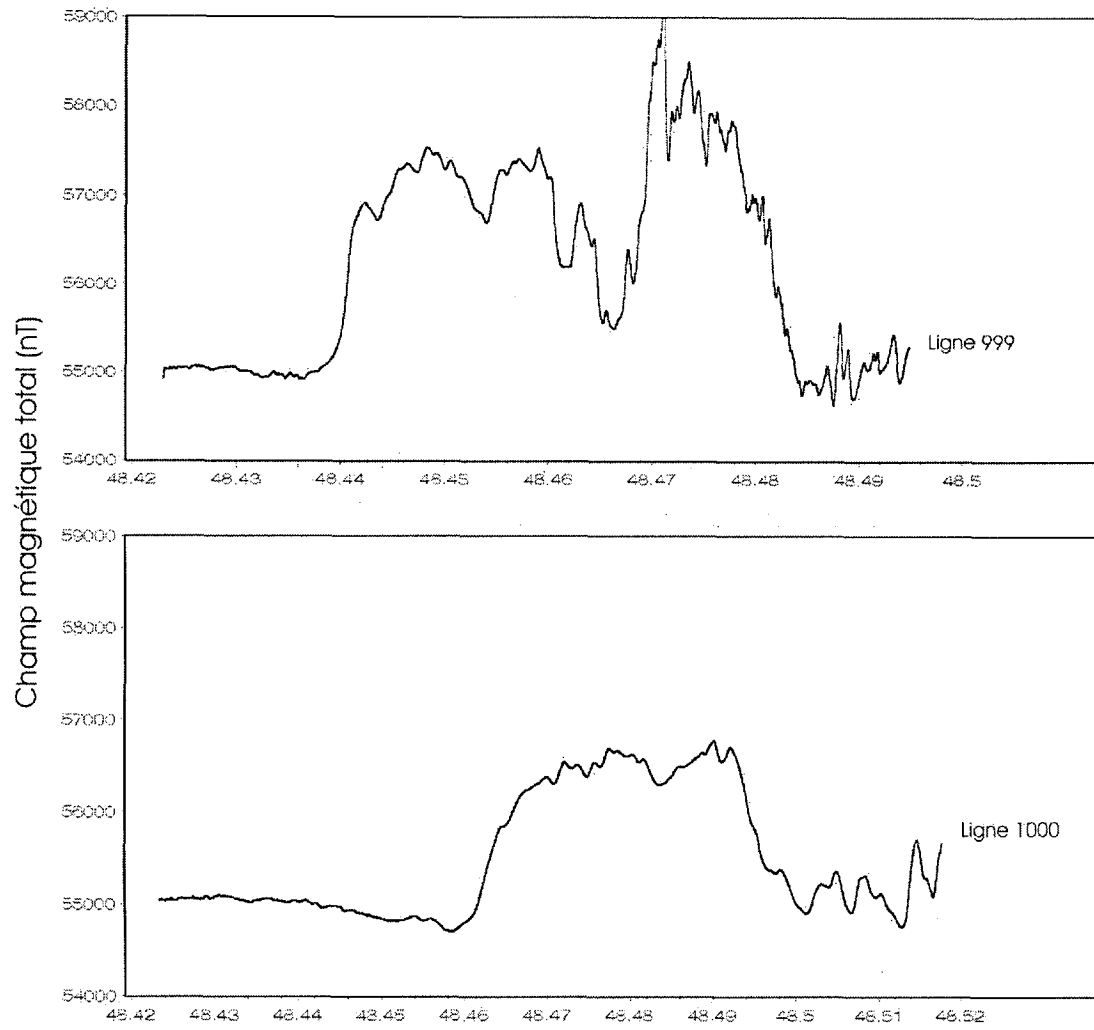
levé magnétométrique (lac St-Jean)



**Fig. 15.** Lignes 36, 41, 42 et 45 d'orientation N330° (NO-SE). Les lignes débutent dans le secteur de St-Gédéon et se terminent dans le secteur de Dobeau-Mistassini.



levé magnétométrique (lac St-Jean)



**Fig. 16.** Lignes 999 et 1000 d'orientation NE. Les lignes perpendiculaires 999 et 1000 débutent dans le secteur de Desbiens (sortie de la rivière Metabetchouan) et se terminent dans le secteur de St-Gédéon.

### 3.5 PRÉSENTATION DES CARTES DE DONNÉES MAGNÉTOMÉTRIQUES DU LAC ST-JEAN.

Dans un premier temps nous présentons à la **figure 17** une représentation des données du champ magnétique total corrigées pour l'ensemble du secteur ayant fait l'objet des levés magnétométriques de 2007. Cette carte montre une hétérogénéité dans la distribution du champ magnétique total marquée entre autre par des domaines plus magnétiques préalablement discutés à partir de l'étude des différentes lignes (**Figs. 11 à 16**). Dans la partie sud-est du lac, l'ambiance du champ magnétique est relativement perturbée par la présence d'une très forte anomalie magnétique présente dans les secteurs de Desbiens-Metabetchouan (Fig. 17). Dans la partie centrale du lac, à la hauteur de la pointe de Chambord, la carte montre un domaine plus magnétique de direction NE-SO et semblant recouper le bassin du lac. Ce domaine (domaine I sur les lignes) semble recouper par une structure linéaire orientée NO-SE et possiblement associée à la présence d'une faille. Cette structure crée une anisotropie magnétique visible dans les parties centrale et S-E du lac.

En se rapprochant de la Pointe McLaren (Roberval), le champ magnétique total augmente rapidement ce qui suggère la présence de matériaux à plus forte susceptibilité magnétique (Fig. 17). Compte tenu de l'absence de tributaire significatif dans ce secteur, il est probable que l'épaisseur de roches sédimentaires dans ce secteur soit moins importante que dans d'autres secteurs du lac. Dans ce cas, la signature magnétique du granite de Roberval pourrait expliquer cette anomalie.

Dans le secteur des deltas sédimentaires des rivières Ashuapmusuan et Mistassini, la carte du champ total montre de fortes valeurs du champ total. Notre hypothèse de travail suggère que cette signature soit associée à la présence de sables et graviers riches en oxydes comme la magnétite (minéraux lourds). Ce type de sédiments est fréquemment observé sur la plage de la Pointe-Taillon.

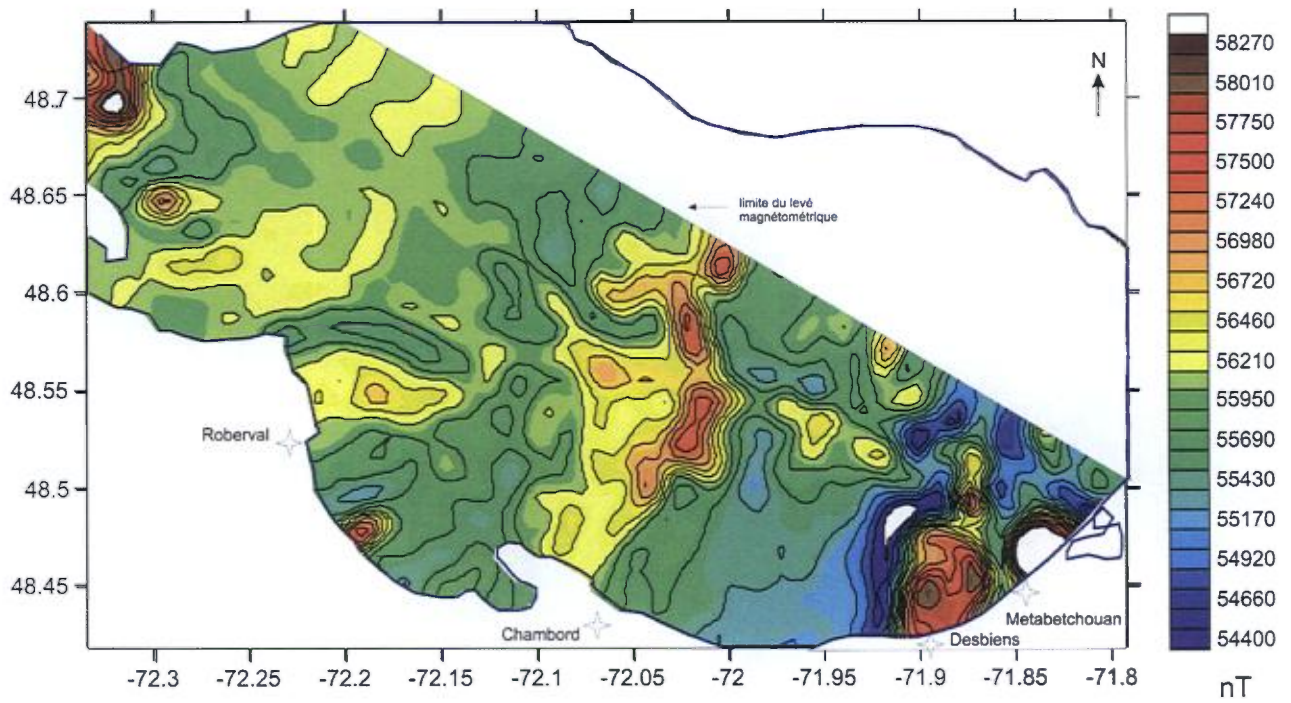


Fig. 17. Carte des données du champ magnétique total corrigées du levé magnétométrique 2007 (interpolation spatiale par inverse du carré de la distance).

### 3.5.1 FILTRAGE DES DONNÉES MAGNÉTIQUES

Afin d'éliminer les variabilités régionale ou locale sur les données du champ magnétique total mesurées sur le lac St-Jean, nous avons appliqué des filtres de basse et haute fréquences aux données magnétiques corrigées afin de souligner la présence de secteurs anomaux ou de faire ressortir les principaux domaines magnétiques présents sur le lac.

#### *Filtrage basse fréquence*

La **figure 18** montre l'effet de l'élimination des anomalies de haute fréquence sur le champ magnétique total. Dans l'ensemble, les valeurs du champ magnétique augmentent systématiquement en direction du NO. Notez que le lissage des données élimine les perturbations associées aux anomalies des domaines magnétiques I et II. La carte pourrait s'expliquer entre autre par une signature magnétique de plus en plus importante du socle précambrien en s'approchant du NO dans le secteur de Dolbeau-Mistassini.

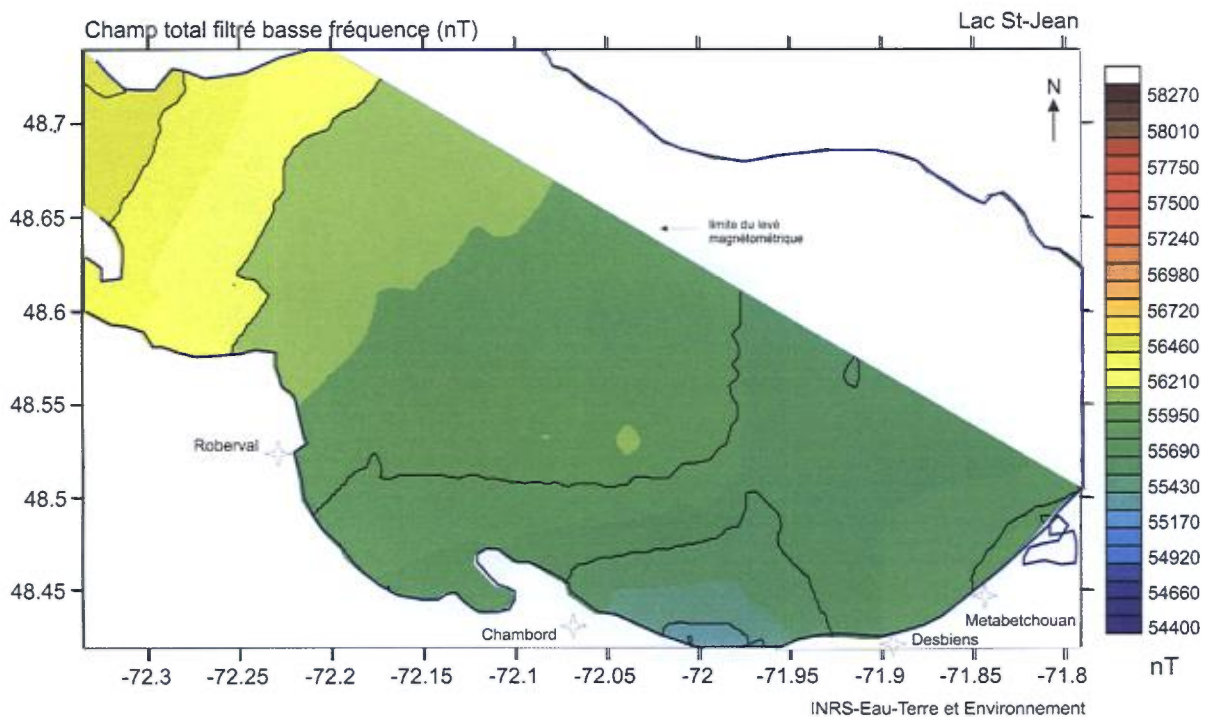


Fig. 18. Carte des données du champ magnétique total corrigées et filtrées par l'application d'un filtre basse fréquence (décomposition du signal en domaine temporel par ondelettes 2D et interpolation spatiale par inverse du carré de la distance).

La figure suivante montre une représentation des résiduels du modèle de lissage des données en basse fréquence (**Fig. 19**). Ces données recalculées correspondent à l'écart entre les données mesurées du champ total et celles de la courbe lissant les données. Ceci permet de minimiser l'influence de la variabilité régionale et maximiser celle de sources plus locales. La **figure 19** permet ainsi de mieux cerner les anomalies magnétiques présentes sur le fond du lac. Par exemple, la largeur de l'anomalie du domaine I devient moins large et plus précise qu'à la figure 17.

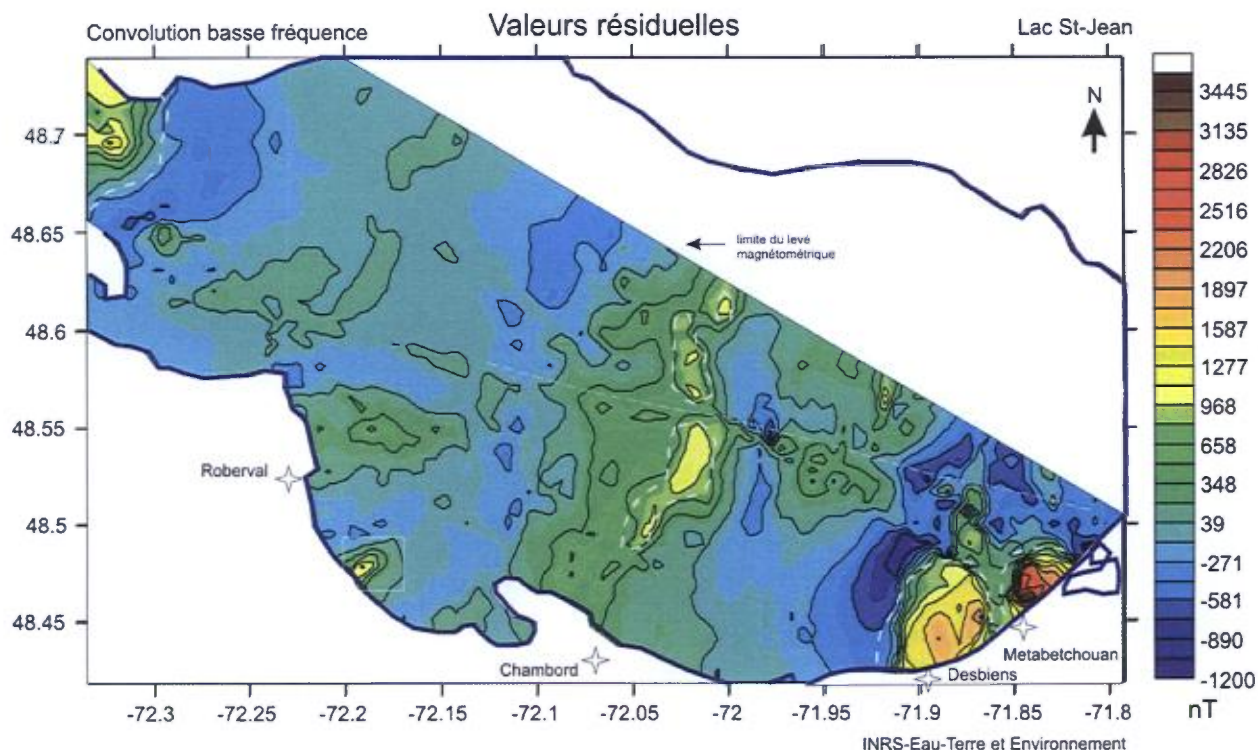


Fig. 19. Carte des données du champ magnétique total corrigées et filtrées par l'application d'un filtre de basse fréquence. Les données résiduelles sont présentées sur cette figure (décomposition du signal en domaine temporel par ondelettes 2D et interpolation spatiale par inverse du carré de la distance).

### **Filtrage haute fréquence**

La **figure 20** montre l'effet de l'élimination des anomalies de basse fréquence sur le champ magnétique total du lac St-Jean. Ce filtrage des données élimine une grande partie des variations régionales tout en rehaussant les anomalies des principaux domaines magnétiques préalablement identifiés sur les lignes géophysiques.

La carte des anomalies résiduelles, présentée à la figure 21, montre la présence d'une multitude d'anomalies ponctuelles présentes sur le fond du lac. Plusieurs de ces anomalies ont été décrites et discutées dans les lignes précédentes de ce rapport. Notez que ce type de représentation est particulièrement utile pour la recherche d'éventuels événements de gaz sur le fond du lac (parties profondes).

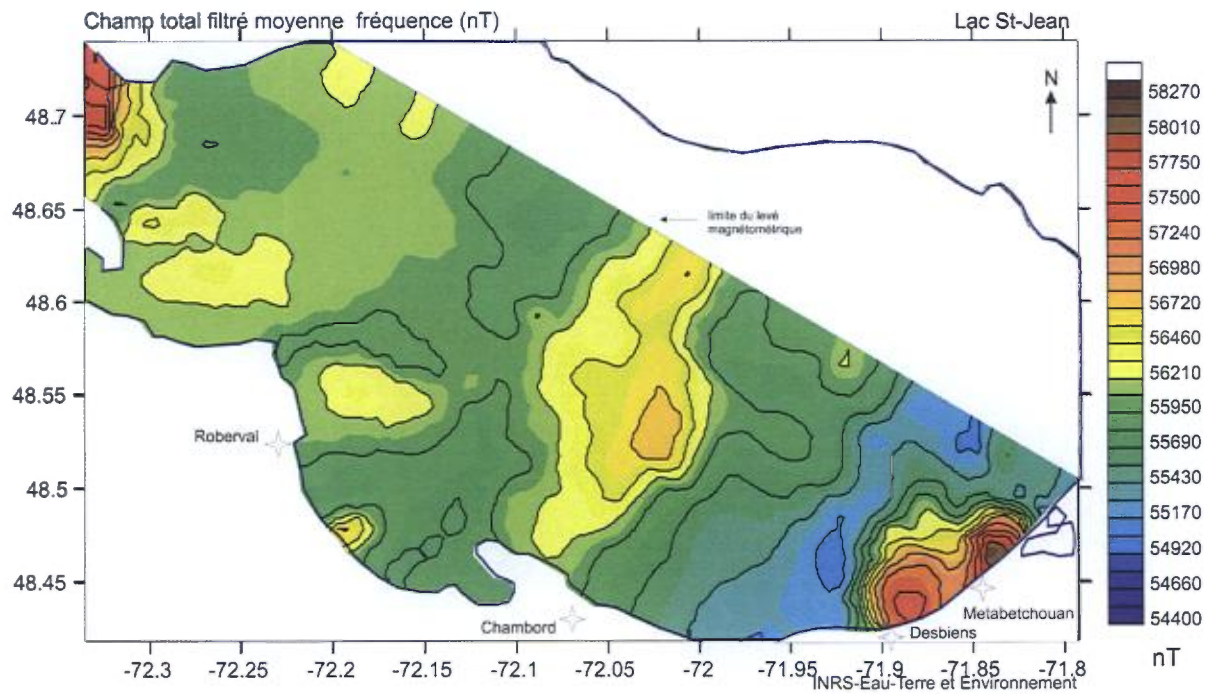


Fig. 20. Carte des données du champ magnétique total corrigées et filtrées par l'application d'un filtre de haute fréquence (décomposition du signal en domaine temporel par ondelettes 2D et interpolation spatiale par inverse du carré de la distance).

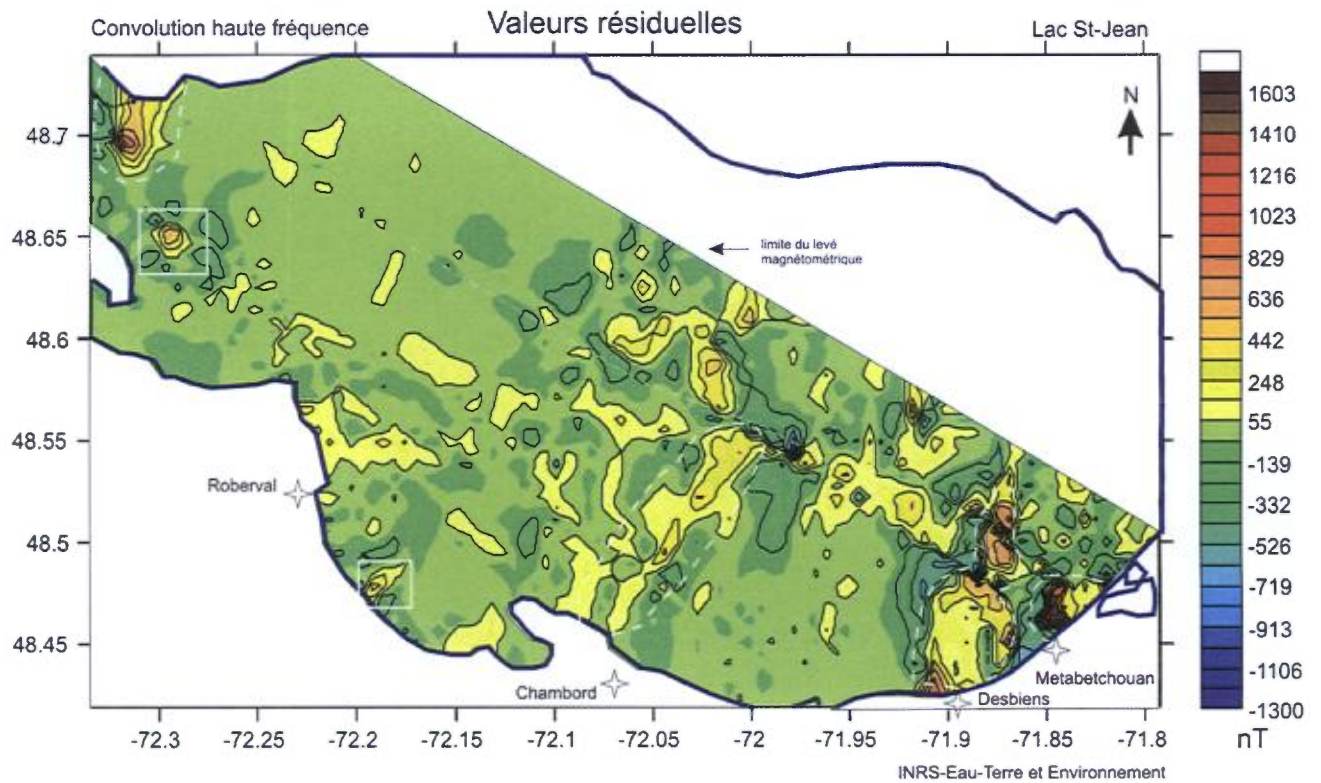


Fig. 21. Carte des données du champ magnétique total corrigées et filtrées par l'application d'un filtre de haute fréquence. Les données résiduelles sont présentées sur cette figure. Notez le très grand nombre d'anomalies secondaires (décomposition du signal en domaine temporel par ondelettes 2D et interpolation spatiale par inverse du carré de la distance).

## Carte des données krigées du champ magnétique total du lac St-Jean

Afin d'obtenir une vue d'ensemble du champ magnétique total du lac St-Jean, nous avons procédé à une interpolation géostatistique des données observées à une maille de 10 m de coté. L'augmentation de la variabilité en fonction de la distance inter-observations a été modélisée avec un variogramme exponentiel (PROC VARIO, SAS V9.1) présenté à la figure 22. La ressemblance des données adjacentes était excellente et nous n'avons pas eu besoin d'introduire un terme de variabilité résiduelle dans le modèle (effet pépité  $C_0=0$ ). La portée et le palier ont été calculés par régression non linéaire (PROC NLIN) de manière à ajuster au mieux les données observées (portée  $A_1 = 186$  m ; palier  $C_1$  de 52619.9).

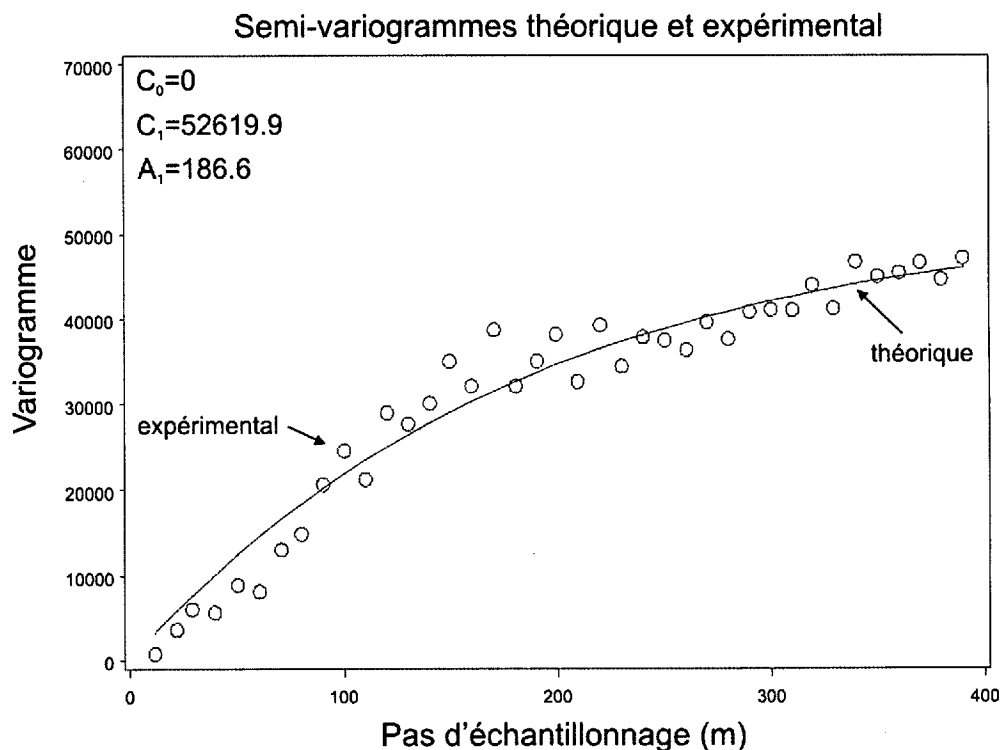


Fig. 22. Semi-variogrammes théorique et expérimental des données des levés magnétométriques réalisés sur le lac St-Jean. L'effet pépité  $C_0$  est de 0, la portée  $A_1$  de 186.6 m et le palier  $C_1$  de 52619.9.



Le modèle obtenu a été utilisé pour réaliser un krigeage simple des données (PROC KRIG2D, ordinary kriging). La valeur du champ magnétique dans chacune des cellules de 10m de côté a été estimée à partir des observations situées dans un rayon de 400m. Cette valeur correspond à la limite de cohérence du modèle de variance dans le variogramme. Lorsque l'erreur d'estimation était trop importante, ( $> 2\sigma$ ) la valeur estimée n'a pas été retenue (zones blanches sur la carte). Ces zones correspondent à des points trop éloignés des observations.

La figure montre essentiellement les mêmes anomalies et domaines magnétiques que les cartes précédentes. La très forte anomalie magnétique du secteur de Metabechouan-St-Gédéon est bien définie tout comme la structure partant de la pointe de Chambord et s'éloignant vers le NE. Les domaines plus magnétiques près de Roberval et de l'embouchure de la rivière Ashuapmusuan sont également bien contrastés. La forte anomalie à l'embouchure de la rivière Mistassini est aussi présente.

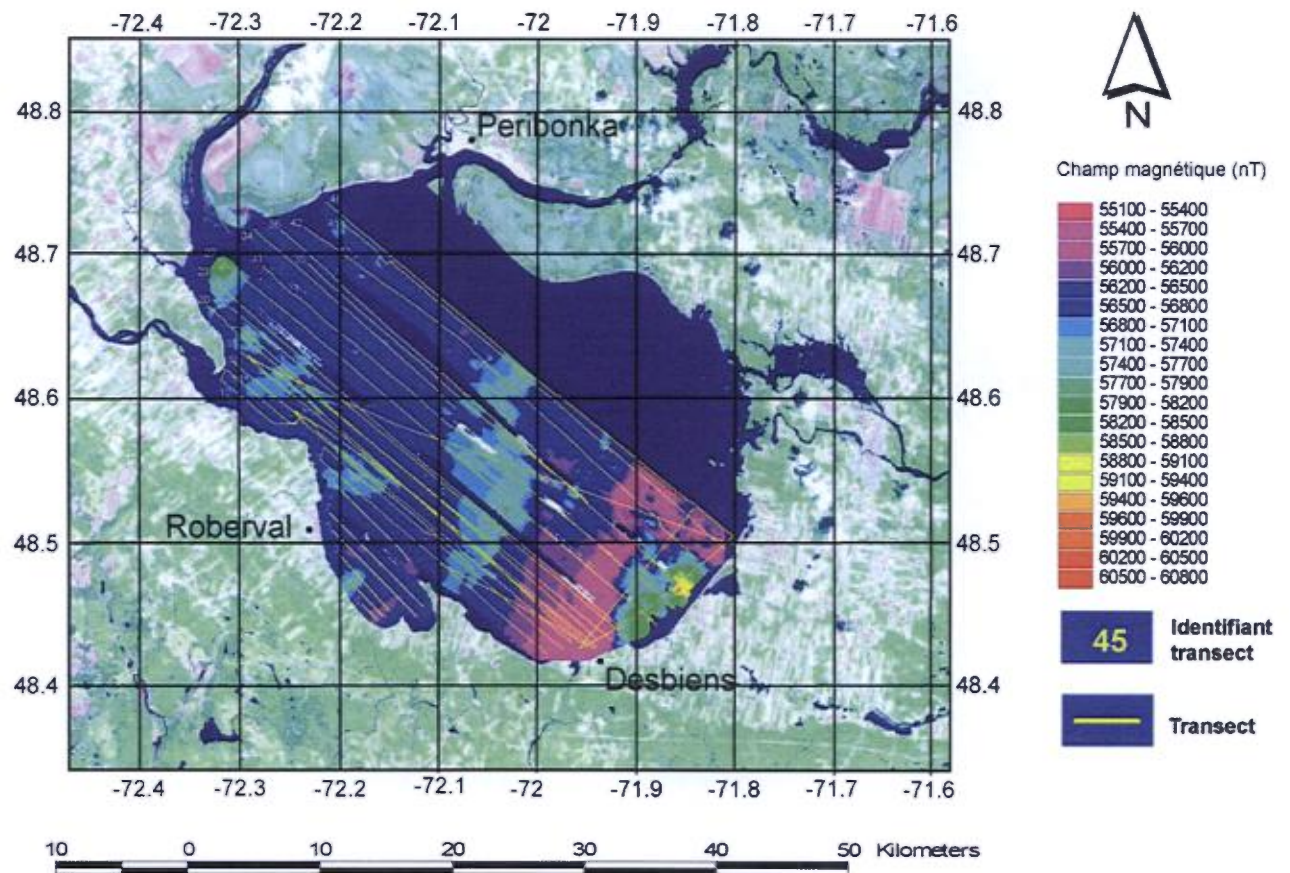


Fig. 23. Carte du champ magnétique total. Interpolation spatiale géostatistique (variogramme et krigeage). Notez que la représentation spatiale des données est optimisée et statistiquement plus robuste.

### 3.6. DISCUSSION

Les lignes du champ magnétique total présentées dans ce rapport sont instructives car elles permettent de localiser des domaines plus magnétiques et d'autres de plus faibles intensités et variabilités spatiales. Dans l'ensemble, les domaines plus magnétiques sont localisés aux extrémités NO et SE du lac St-Jean ainsi que dans la partie centrale du lac.

Le domaine I, principalement observé dans le secteur de la pointe de Chambord et orienté selon un axe NE, est très important car recoupant l'ensemble du bassin. Pour l'instant nous ne pouvons que spéculer sur l'origine de ce domaine. Il pourrait s'agir d'une sorte de bombement ou d'arche impliquant le socle précambrien présent sous le bassin sédimentaire. Ce domaine est recoupé par une structure NO-SE recoupant les unités des parties centrale et SE du lac. Dans un contexte d'exploration pour les hydrocarbures, un tel contexte pourrait être favorable à la formation de réservoirs dolomités (dolomies baroques) (Davies et Smith, 2006; Smith, 2006). Toutefois, afin de vérifier cette hypothèse il faudra réaliser des travaux additionnels pour vérifier l'origine de cette zone anomalique. Des travaux de sismique aquatique permettraient d'expliquer cette structure. Une modélisation par inversion des données magnétiques (modèles 2D) permettrait aussi d'apporter des explications.

Le domaine II, identifié plus à l'ouest, débute près de la pointe McLaren (Roberval) et se prolonge vers l'est. Plusieurs phénomènes pourraient expliquer cette anomalie. Premièrement, un amincissement de la séquence sédimentaire paléozoïque reposant au dessus du granite de Roberval serait une hypothèse de travail intéressante. D'un autre côté, nous ne pouvons exclure la présence d'une ancienne structure deltaïque quaternaire. Ceci pourrait être facilement vérifié par des travaux sismiques et par l'échantillonnage de sédiments de fond du lac.

De l'autre côté de la Pointe Bleue (Mashteuiatsh), un domaine magnétique s'étend vers l'ouest et occupe une bonne partie de l'embouchure de la rivière Ashuapmushuan. Il est probable que ce domaine soit associé à une structure deltaïque. La très forte anomalie présente à l'embouchure de la rivière Mistassini pourrait aussi être d'origine deltaïque (formation d'un placer superficiel). Ceci pourrait être vérifié par carottage sédimentaire ou travaux de sismique aquatique.

La très forte anomalie du secteur Desbiens-Metabetchouan reste à expliquer. Les cours d'eau actuels dans ce secteur ne peuvent expliquer la formation d'un placer superficiel. Si la formation de ce secteur magnétique s'explique par des processus sédimentologiques, il faut que ce secteur est été l'embouchure d'une importante rivière lors de la dernière déglaciation continentale. Il se pourrait aussi qu'un granitoïde riche en magnétite soit responsable de cette signature. Les quelques rares informations géologiques disponibles suggèrent la présence d'une anorthosite relativement uniforme du côté est du lac. La fin abrupte de l'anomalie vers St-Gédéon ne peut s'expliquer par cette hypothèse car l'unité anorthositique s'étend régionalement dans ce secteur tout comme le devrait l'anomalie magnétique si elle était associée à l'anorthosite.

Les lignes 18 et 20 montrent chacune deux lignes d'acquisition (**Fig. 13**). Ces dernières sont subparallèles entre-elles mais de valeurs absolues distinctes de 400 nT. Ceci s'explique par le fait que ces lignes d'acquisition représentent des données

magnétiques mesurées dans un même secteur à deux périodes distinctes de l'année. Les plus faibles valeurs correspondent au levé estival et les plus fortes au levé hivernal. Cette différence reflète simplement l'utilisation de deux stations de base distinctes. La première située dans le village de Desbiens et la seconde en bordure du lac St-Jean près de Desbiens. Pour le traitement spatial des données (production des cartes) une valeur de 400nT a été soustraite aux valeurs hivernales.

#### **4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS POUR L'AN 2**

Un des objectifs de ce projet de recherche était de lancer une première campagne d'acquisition de données géoscientifiques pertinentes pour l'étude du potentiel en hydrocarbures du lac St-Jean. Des levés magnétométriques sur la glace et par la suite sur l'eau libre ont été réalisés afin d'améliorer notre connaissance de la structuration interne du bassin du lac St Jean. À ce jour, aucunes données géophysiques (de résolution satisfaisante) ou géologiques adéquates n'étaient disponibles pour permettre une première évaluation de la géologie de la partie lacustre du bassin paléozoïque du lac St Jean.

Le traitement des données magnétométriques, après corrections pour les variations diurnes et autres données potentiellement corrompues, montre la présence de structures profondes affectant la plateforme sédimentaire. Une importante structure NE-SO, recoupant le bassin, est observée en s'éloignant de la pointe de Chambord. Ce domaine anomalique probablement associé à une structure majeure pourrait résulter d'un bombement du socle sous-jacent au bassin de roches sédimentaires. Cette structure, probablement précoce, semble être recoupée par une faille d'orientation NO-SE située dans la partie profonde du lac. Ces structures pourraient être associées à des phénomènes de dolomitisation (dolomies hydrothermales de type baroque) pouvant former des réservoirs poreux susceptibles de contenir des hydrocarbures.

Le levé magnétométrique suggère de plus la présence de placers superficiels provenant probablement du triage hydraulique de sédiments glaciaires. L'embouchure de la rivière Mistassini semble contenir un tel dépôt de minéraux lourds probablement riche en magnétite (semblable à ceux de la Pointe-Taillon). Une vérification par carottage et ou par un levé sismique aquatique permettrait de vérifier cette hypothèse. De la même façon, entre Desbiens et Metabechouan, la carte du champ magnétique total montre la présence d'une très forte anomalie magnétique. Cette dernière pourrait être reliée au remaniement de sédiments quaternaires dans des conditions de fortes hydraulicités. Toutefois, le patron de drainage actuel ne montre pas la présence de tributaires majeurs pouvant expliquer la formation d'un tel dépôt. Pour l'instant, nous ne pouvons exclure la présence d'un corps plutonique très fortement magnétique qui pourrait être présent localement sous la plateforme de roches sédimentaires. Les études ultérieures devraient permettre de préciser ce point.

Des anomalies ponctuelles de plus de 1000 nT, par rapport au bruit de fond, sont présentes dans certains secteurs du lac. La première est située dans la baie de Chambord-Roberval. Les informations disponibles ne permettent pas de préciser la nature de l'anomalie. Une nature intrusive serait probable. Compte tenu de la position géographique du secteur par rapport à l'extension vers l'ouest du graben du Saguenay, ce corps intrusif pourrait être de composition alcaline (carbonatite, kimberlite ?).

Les données magnétométriques brutes ou filtrées montrent la présence de nombreuses petites anomalies. Ces dernières sont plus facilement localisables dans les secteurs à faibles intensité et variabilité du champ magnétique total. Certaines de ces anomalies sont situées dans les fosses profondes du lac. Il serait important de procéder à un levé au sonar à balayage latéral pour vérifier la présence d'événements sur le fond sédimentaire. De plus, l'acquisition de données sismiques aquatiques permettrait de vérifier la prolongation en profondeur de ces zones anomaliques.

### **Recommandations pour l'An2**

La première phase du programme d'exploration de **JAG** vise à déterminer si les conditions géologiques générales ont rendu possible l'accumulation d'hydrocarbures et à vérifier le potentiel pétrologène des séquences sédimentaires présentes sur la propriété.

Ainsi, ont été réalisés au cours de l'An1 de la Phase 1 :

- 1- Levé magnétométrique de la partie lacustre de la propriété Lac St Jean de la compagnie les Mines JAG Ltd.
- 2- Conception d'un SIG regroupant l'information satellitaire, géographique, altimétrique et bathymétrique et géophysique.

Le programme d'exploration de **JAG** sur la propriété Lac St-Jean prévoit pour l'An2 :

- 1) la réalisation de levés géophysiques de surface incluant des lignes sismiques aquatiques et un levé sonar à balayage latéral.
- 2) une étude du potentiel pétrologène des roches sédimentaires paléozoïques du bassin du lac St Jean.

Lors de l'échantillonnage des formations rocheuses une attention particulière devra être portée pour s'assurer de la mesure de la stratification et des plans de faille affectant les roches paléozoïques. Des mesures de susceptibilité magnétique des grès, calcaires, shales, granitoïdes, anorthosite et gneiss devront être mesurées précisément afin de pouvoir inverser les données magnétométriques du levé de 2007. La modélisation en 2D du bassin devrait permettre de mieux comprendre la structuration interne de la plateforme calcaire et du socle précambrien sous-jacent.

Rappelons que les résultats obtenus au cours de l'An1 de la Phase 1 du programme d'exploration sont préliminaires. Ils seront intégrés à ceux de l'An2 et de l'An3 pour éventuellement identifier les zones d'intérêt.

**Complété à Québec, le 29 juillet 2007**

**Par : Marc Richer-LaFlèche**

---

**Marc Richer-LaFlèche, géo. (no. permis : 1055)**

## 5. REMERCIEMENTS

De très nombreuses personnes ont participé à la réalisation de ce projet. Notre assistante et opérateur de terrain Edith Chouinard de St-Eusèbe (Témiscouata), nos guides motoneigistes de Desbiens Yvon Fortin et Gilles Grenon ainsi que Nathalie Gagné et Hervé Deschênes guides et propriétaires de bateaux à Val-Jalbert et St-Gédéon. M. Lorrain propriétaire du Gîte Fleuri de Desbiens qui a hébergé l'équipe et récupéré M.R.L. en février 2007 par -25°C lors d'une panne nocturne sur le lac St-Jean (perte de roue et chenille de du véhicule ARGO) et aussi lors d'une autre panne mécanique de notre bateau pneumatique en période orageuse au large de Péribonka. Un bon samaritain résidant du secteur de Dobleau a abrité l'équipe lors d'un échouage pénible sur sa plage. Nous tenons à remercier les mécaniciens de Yamaha Chambord pour de très nombreuses réparations mécaniques mais pas ceux de Joe Besson inc. à Dolbeau pour avoir inversé la conduite du bateau et provoqué ainsi la destruction du pied de notre moteur 90 HP à la sortie de la marina de la rivière Metabetchouan.

Merci au Dr Geneviève Camiré pour ses nombreux conseils et la partie géologique de ce rapport, aux Drs P. Keating et M. Pilkington de la Commission géologique du Canada (Ottawa) pour les corrections de relief (bathymétrique) des données magnétométriques et aux Drs D. Lavoie (CGC-Qc) et R. Bertrand (INRS-ETE) pour de très nombreuses discussions sur la géologie et le potentiel en hydrocarbures du bassin du lac St-Jean. Merci au service hydrographique du Canada pour l'utilisation de leur modèle numérique de bathymétrie du lac St Jean.

## 6. RÉFÉRENCES

- Camiré et Richer-LaFlèche, 2007. Recherche de gaz et de pétrole et mise en valeur de la Propriété Charlevoix, Phase 1 – An1, rapport d'étape, Les Mines JAG Ltée. Rapport de travaux statutaires déposé en juin 2007 au MRNFQ, 67 p.
- Cordell, L. E., 1985, Techniques, applications, and problems of analytical continuation of New Mexico aeromagnetic data between arbitrary surfaces of very high relief, in Proceedings of the International Meeting on Potential Fields in Rugged Topography, Institute of Geophysics, University of Lausanne, Switzerland, Bulletin no. 7: 96–9.
- Davies, G.R. et Smith, L.B. Jr, 2006. Structurally controlled hydrothermal dolomite reservoir facies: an overview. AAPG Bulletin, 90: 1641-1690.
- Laroche, P. et Richer-LaFlèche, M., 2006. Programme d'exploration proposé sur les permis de recherche de pétrole et de gaz des propriétés Témiscouata, Lac St-Jean et Charlevoix. Rapport 5501 préliminaire, Les Mines JAG Ltée, 43 p.
- Pilkington, M. and Thurston, J. B., 2001, draping corrections for aeromagnetic data: line-versus grid-based approaches Exploration Geophysics 32: 95–101.
- Smith, L.B. Jr, 2006. Origin and reservoir characteristics of Upper Ordovician Trenton-Black River hydrothermal dolomite reservoirs in New York. AAPG Bulletin, 90: 1691-1718.

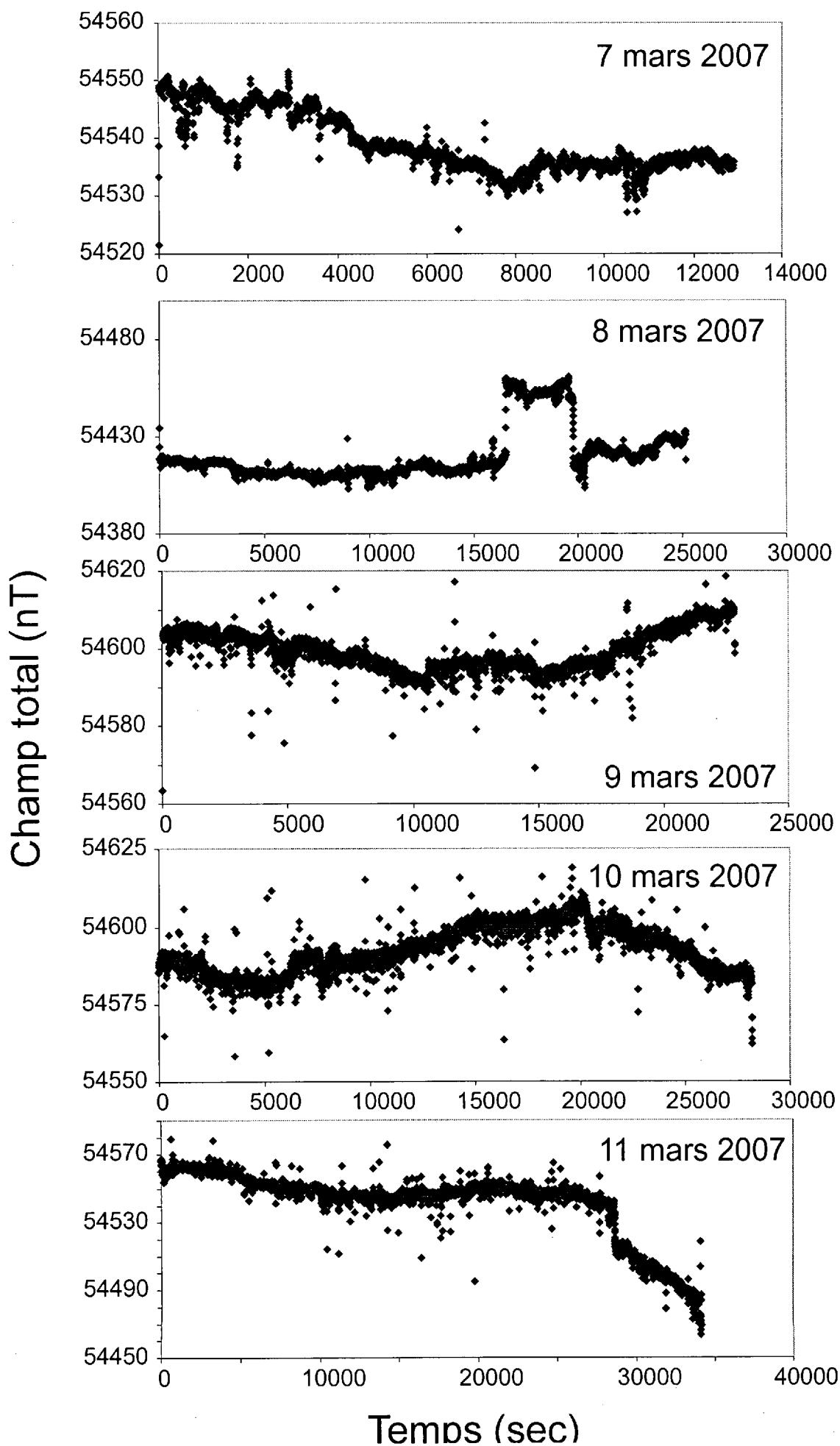
# ANNEXES

**ANNEXE 1 –**

**Variations diurnes du champ magnétique total  
des stations de base utilisées au lac St-Jean**



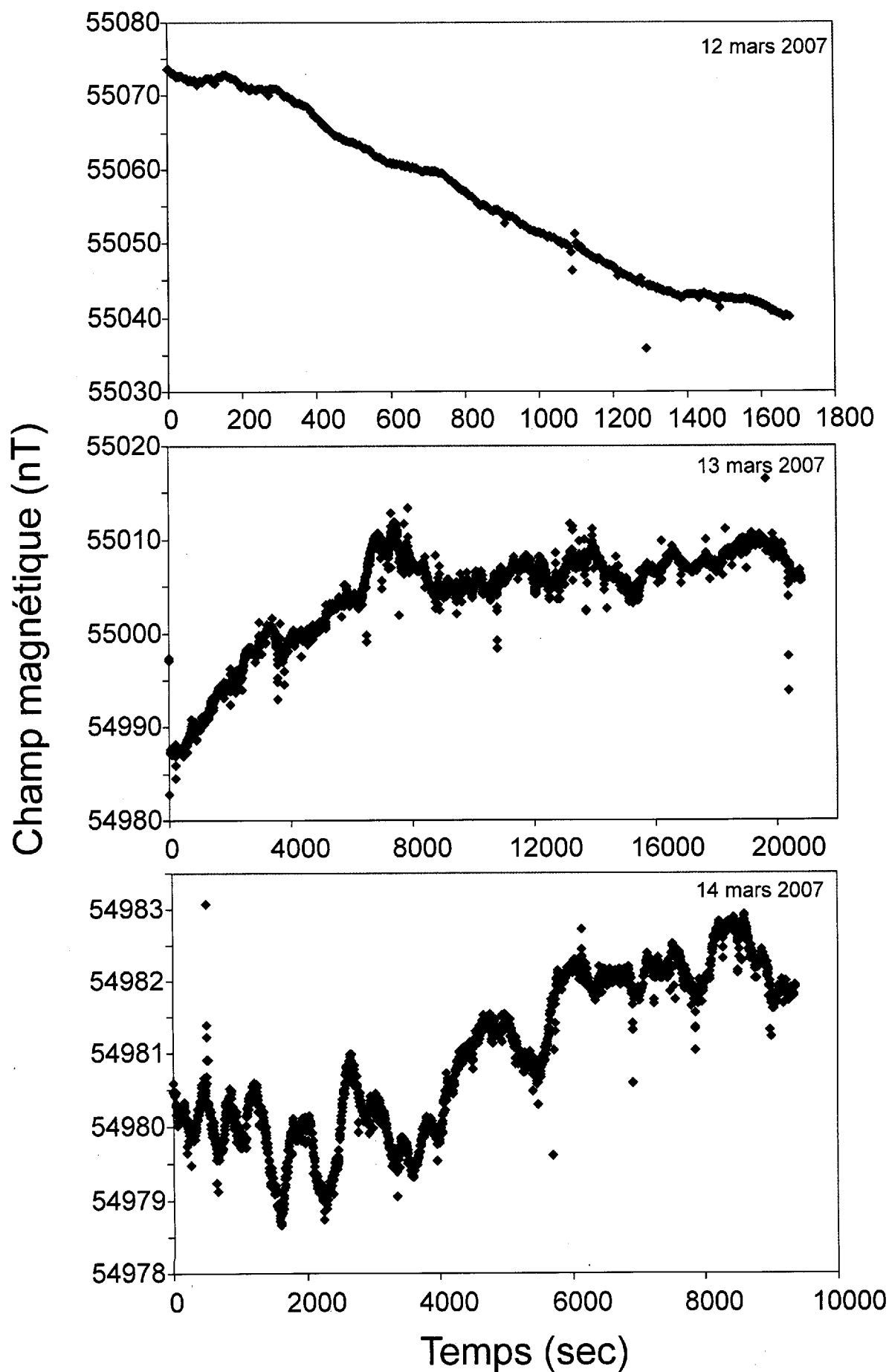
# Variations diurnes du champ magnétique total (nT) -station de base 01 de Desbiens-



# Variations diurnes du champ magnétique (champ total)

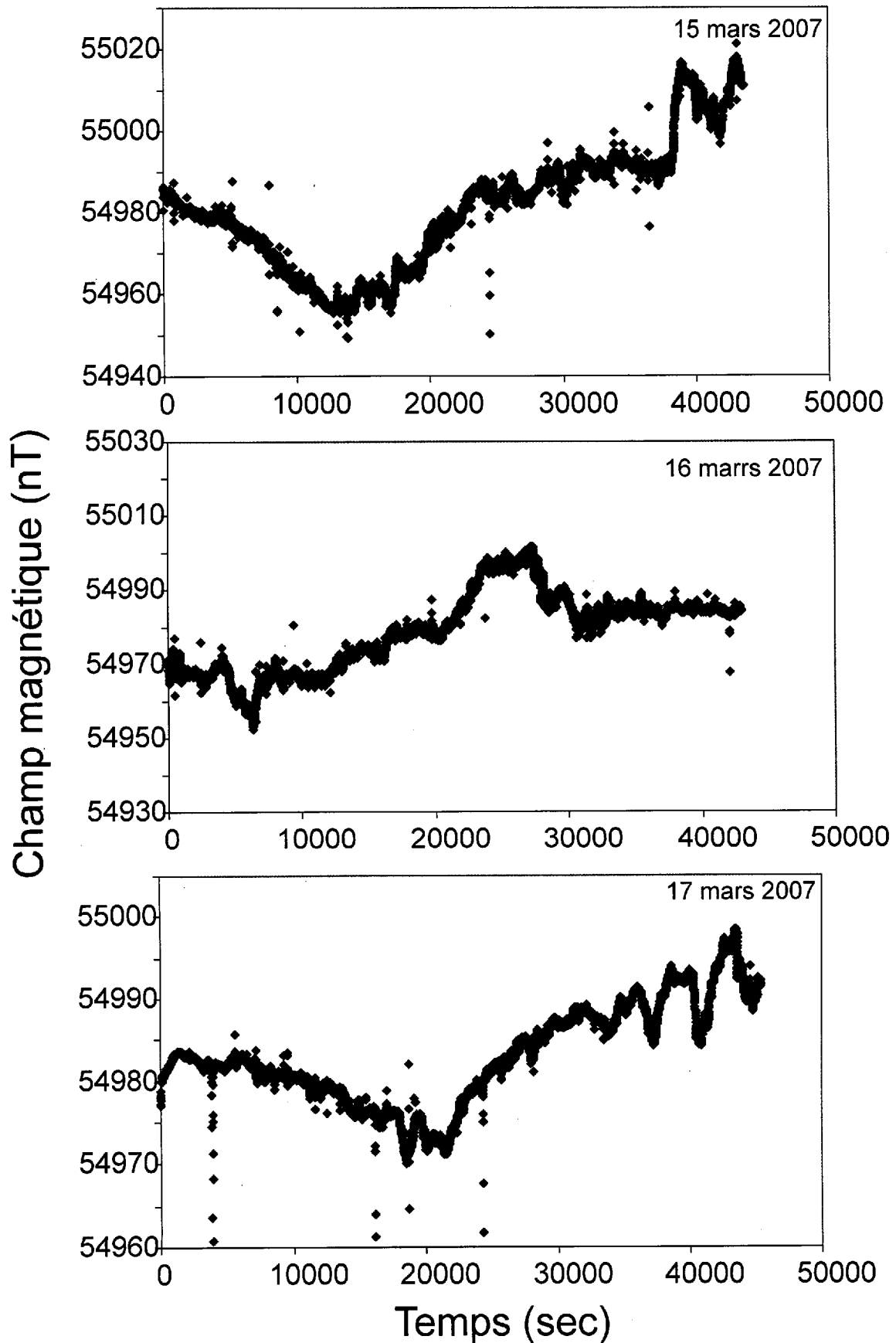
Station de base 02 de Desbiens

Lac-St-Jean



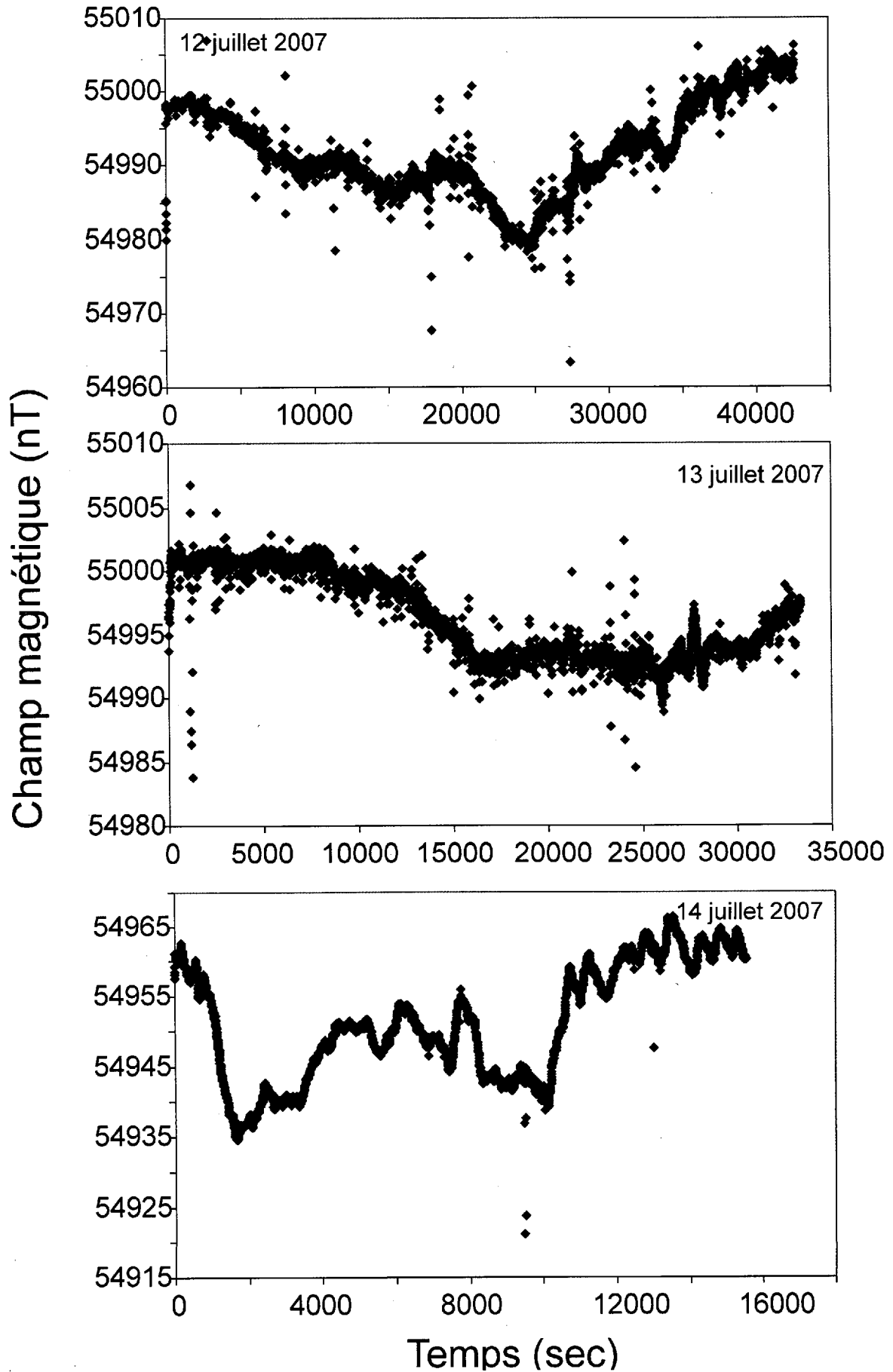
# Variations diurnes du champ magnétique (champ total)

Station de base 02 de Desbiens  
Lac-St-Jean



# Variations diurnes du champ magnétique (champ total)

Station de base 02 de Desbiens  
Lac-St-Jean



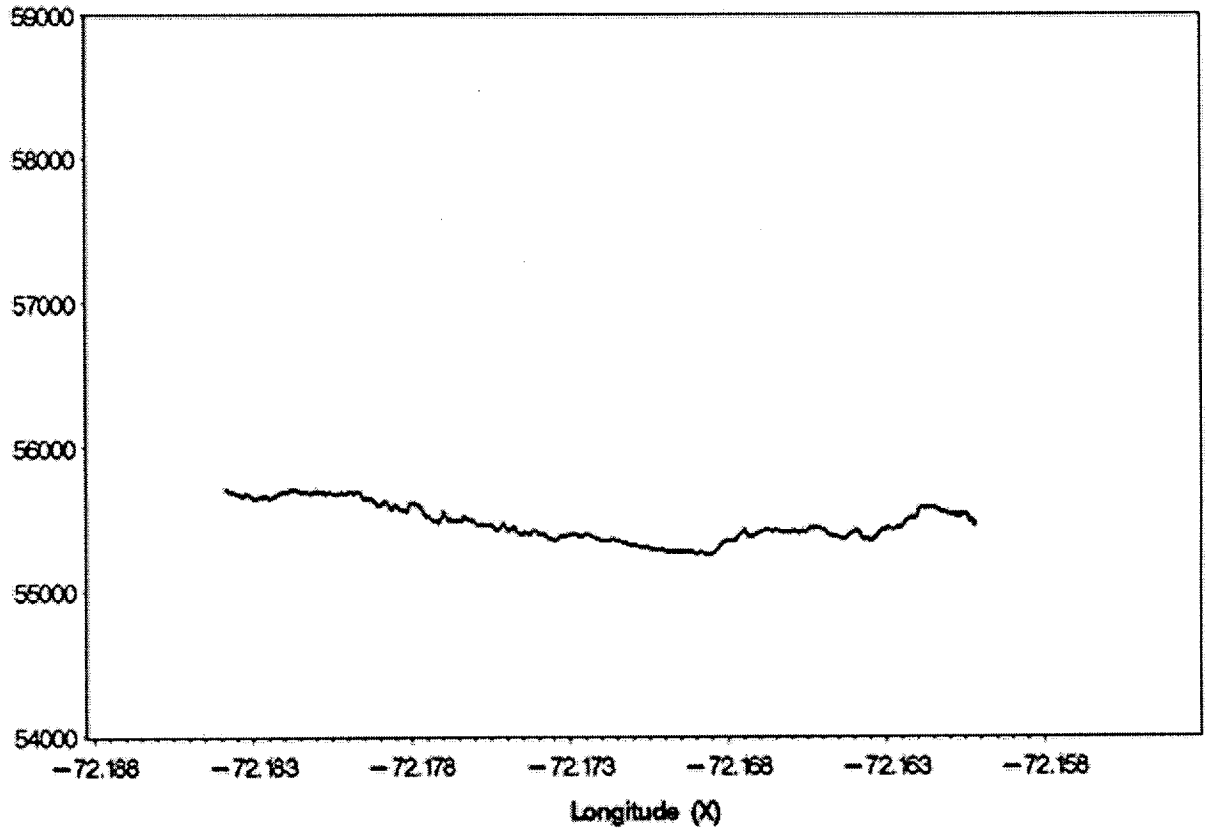
**ANNEXE 2 -**

Lignes des données du champ magnétique total corrigées  
(levés magnétométriques de 2007)

# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

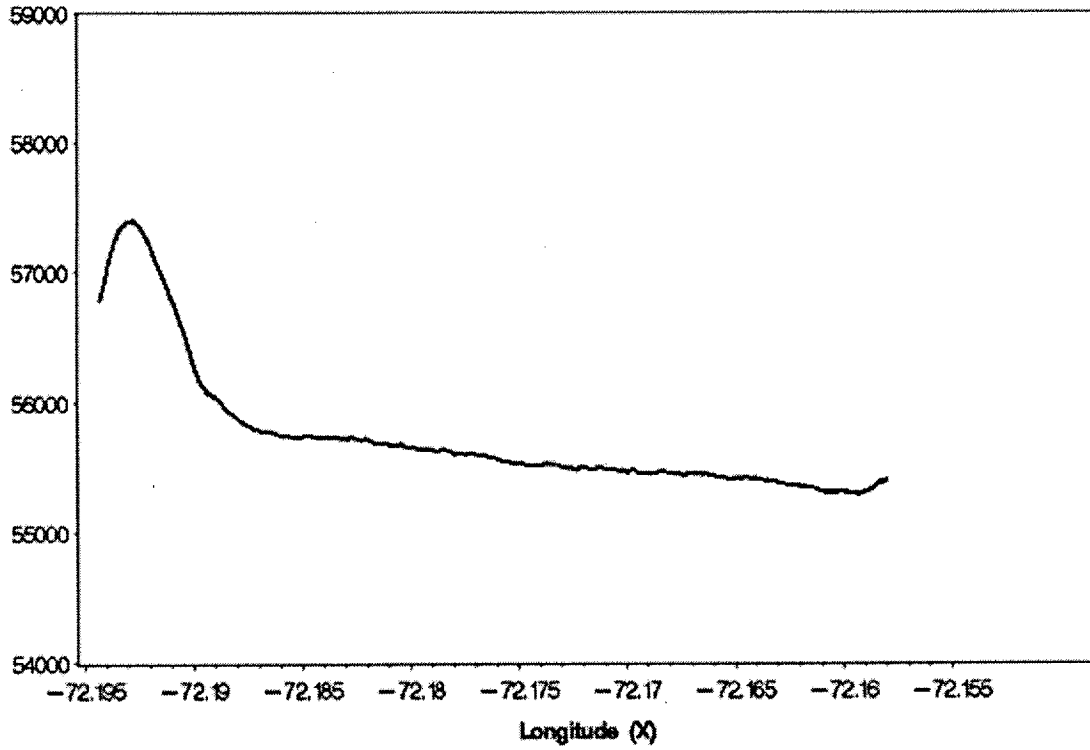
ligne = 1

champ magnetique  
total (nT)



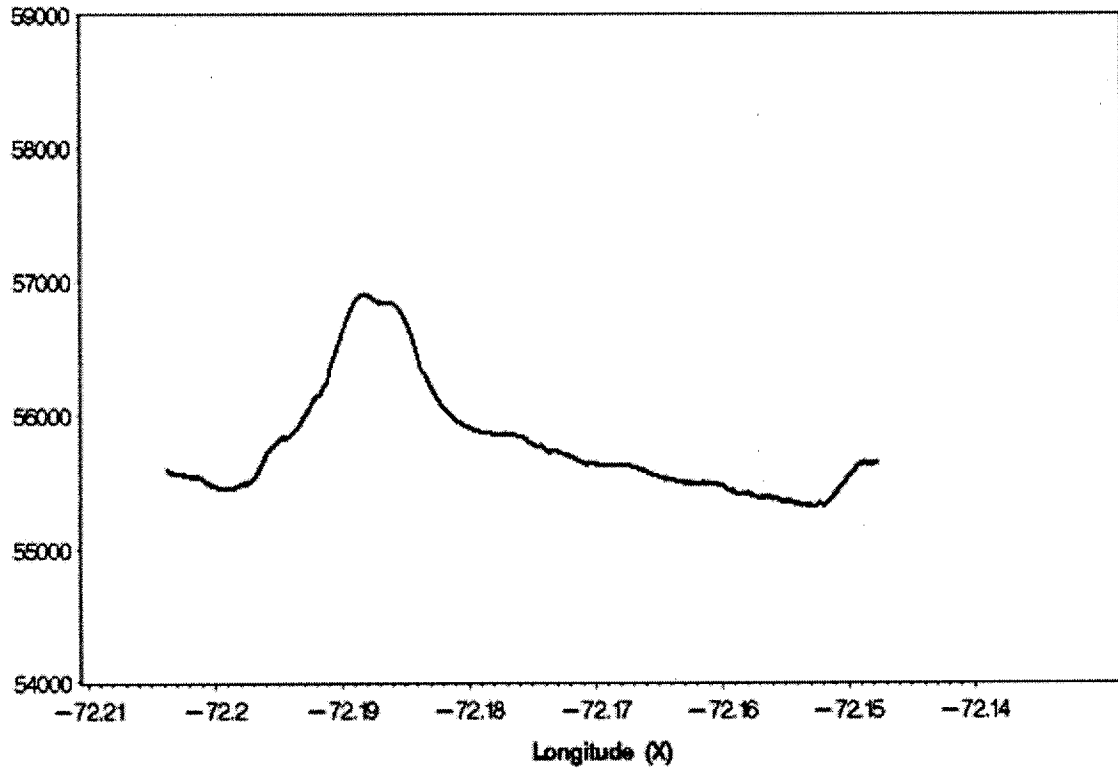
Leve magnetometrique (lac St-Jean)  
ligne= 5

champ magnetique  
total (nT)



Leve magnetometrique (lac St-Jean)  
ligne = 7

champ magnetique  
total (nT)

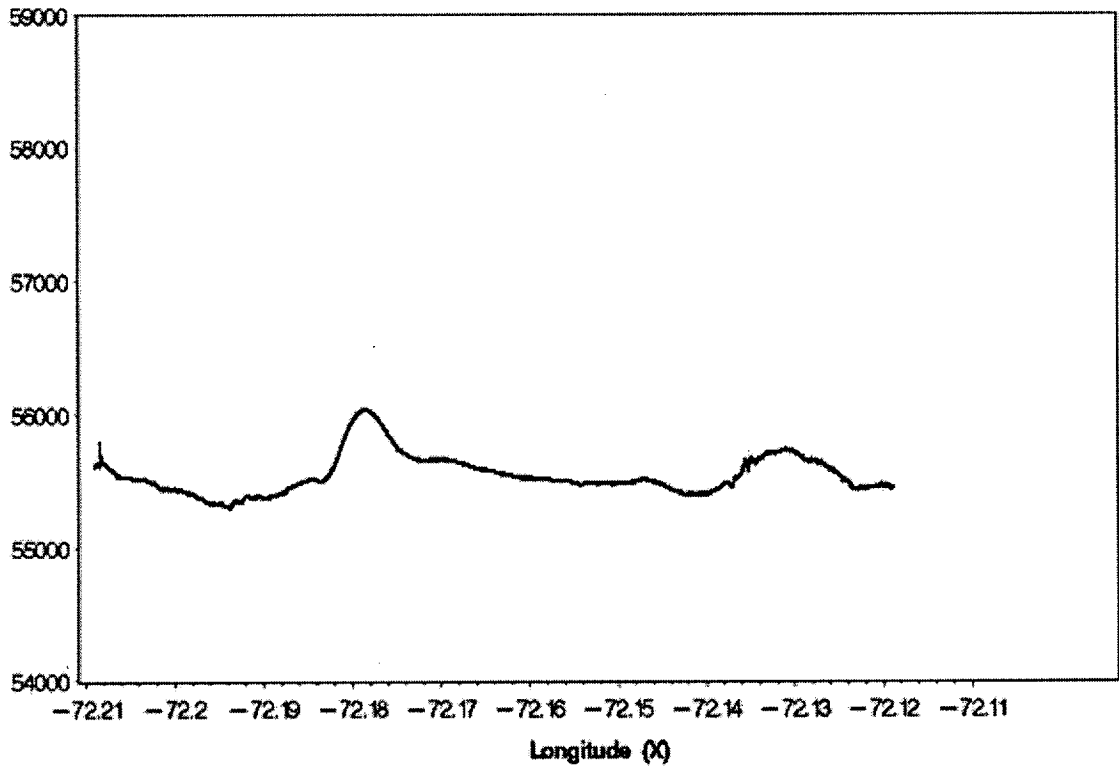




# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 11

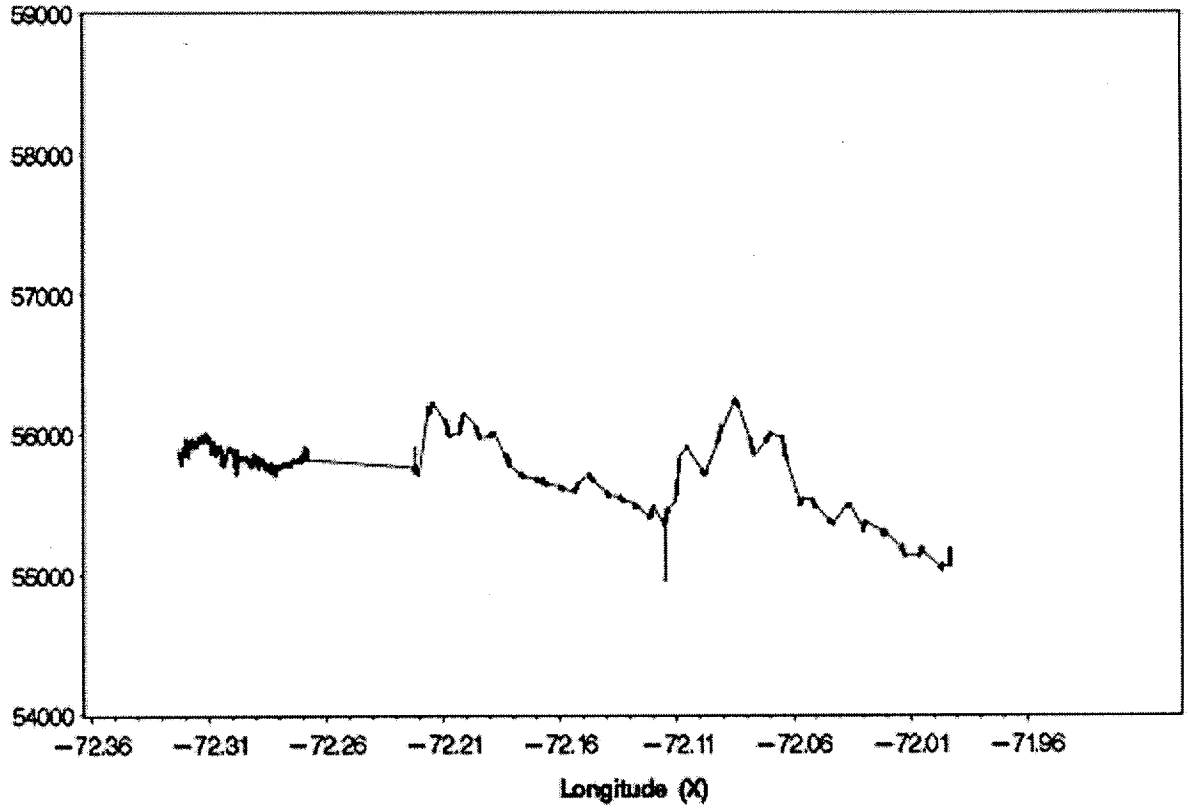
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 12

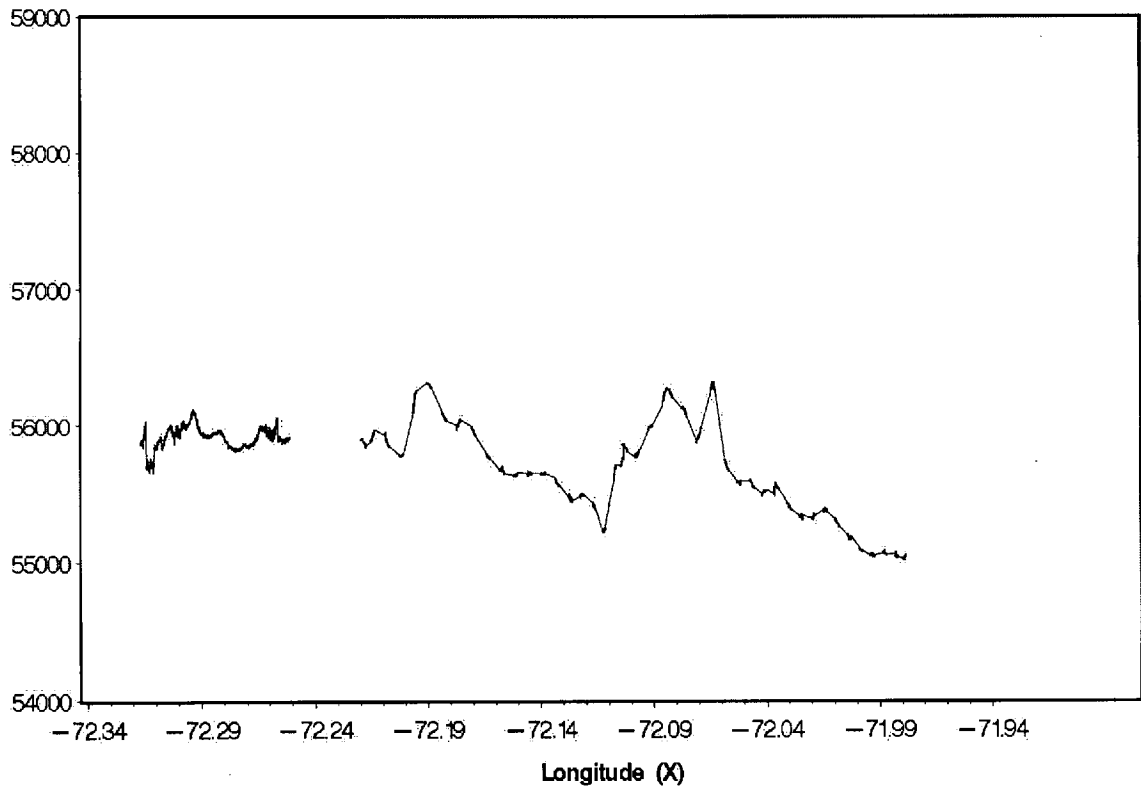
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne= 14

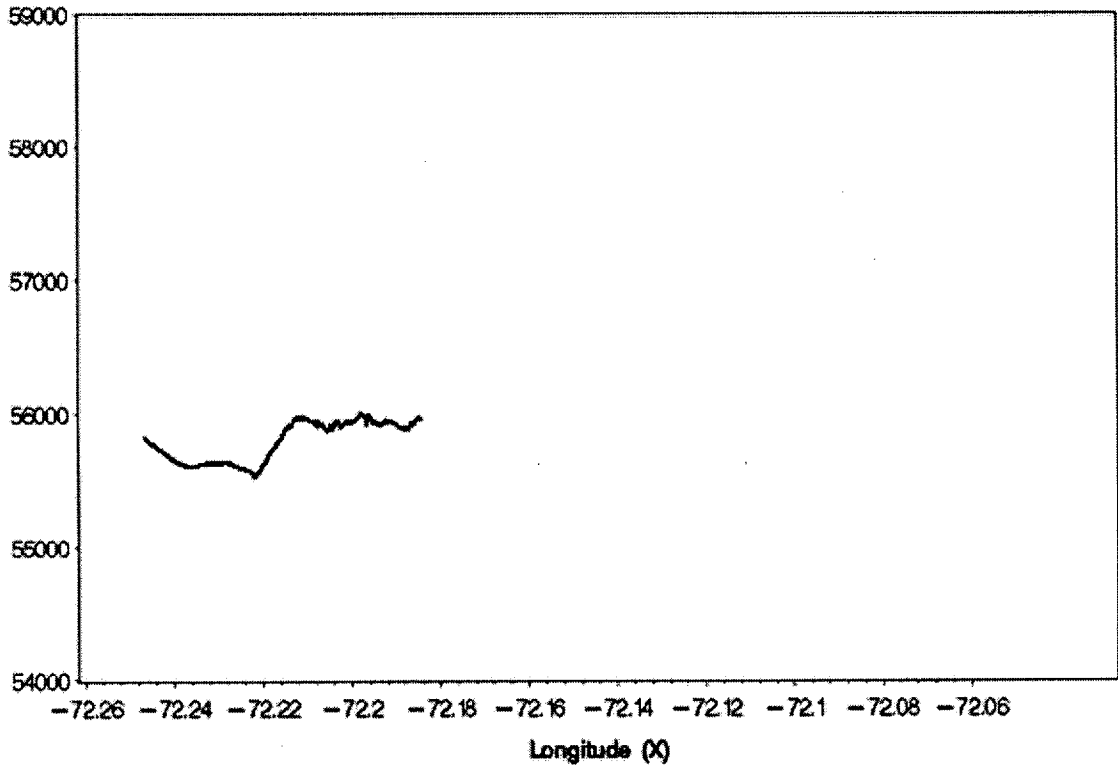
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 15

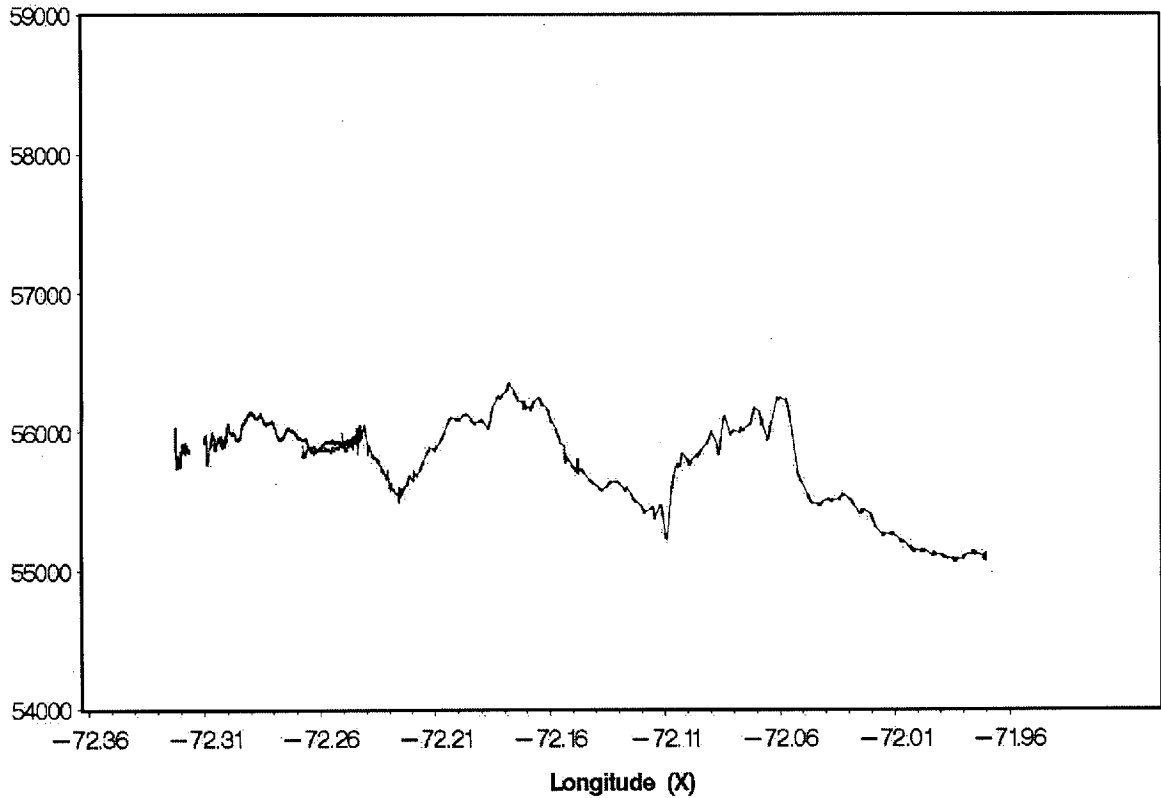
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 16

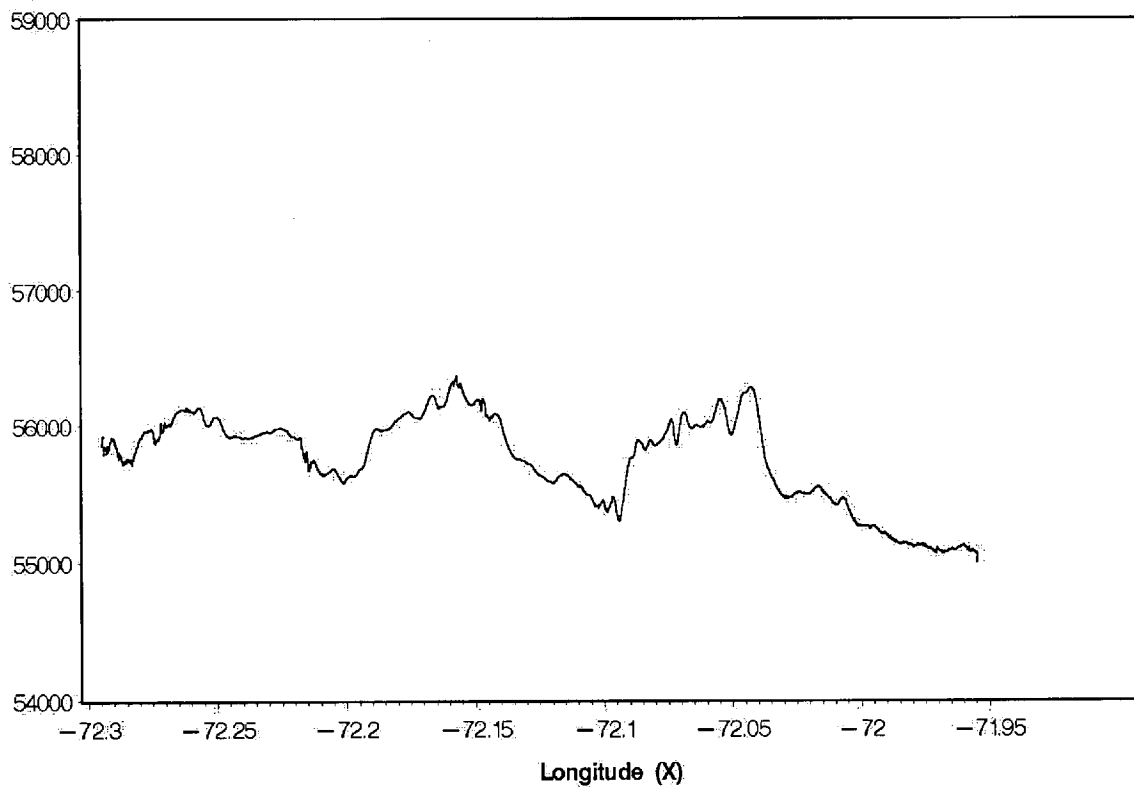
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne= 17

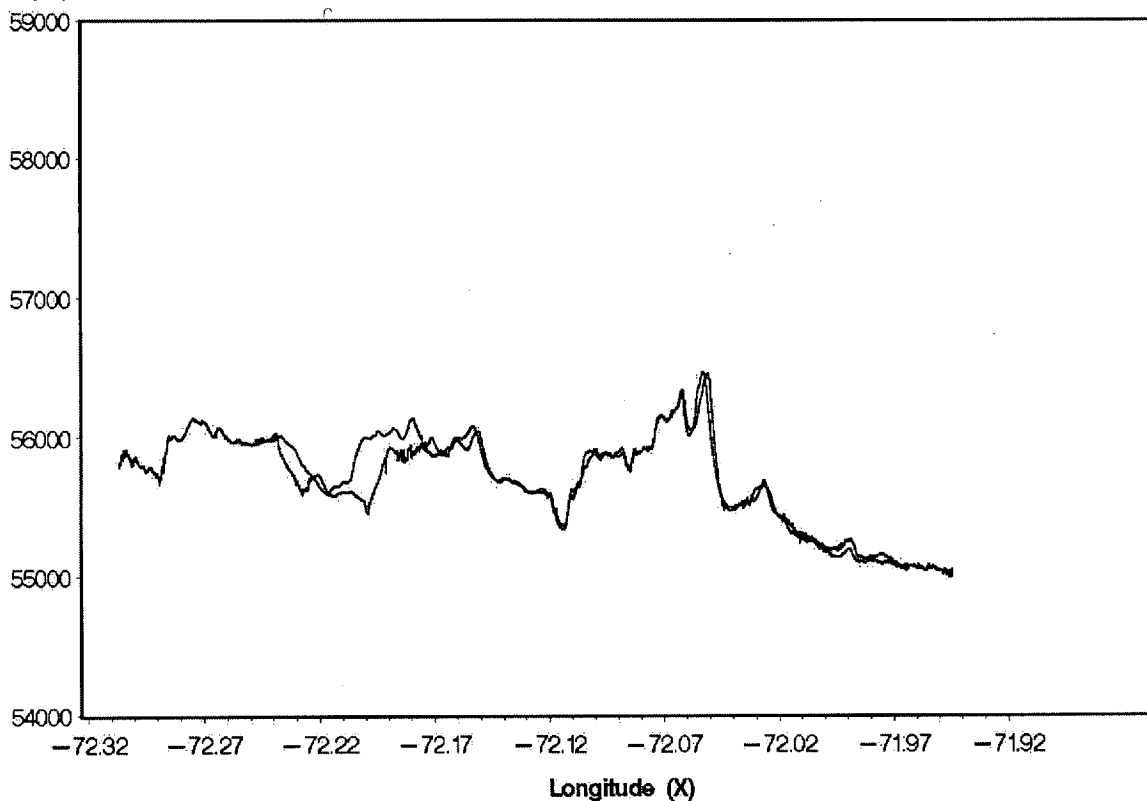
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne= 18

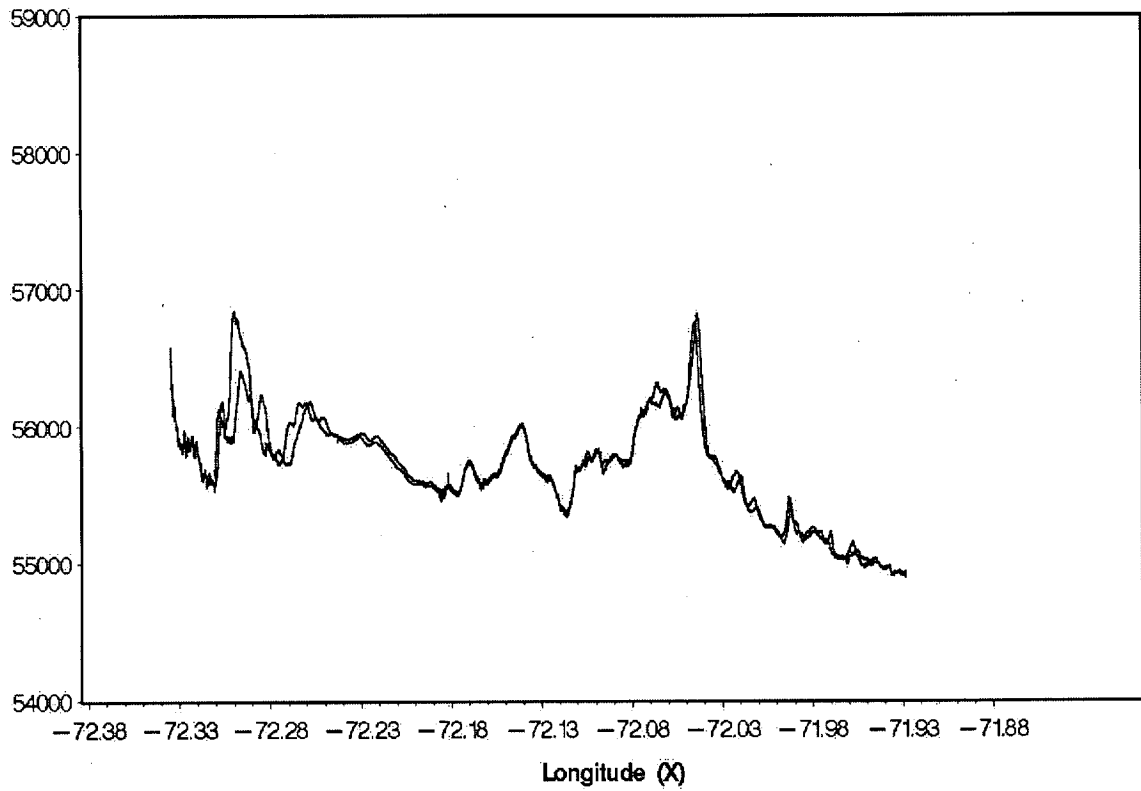
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne=20

champ magnetique  
total (nT)

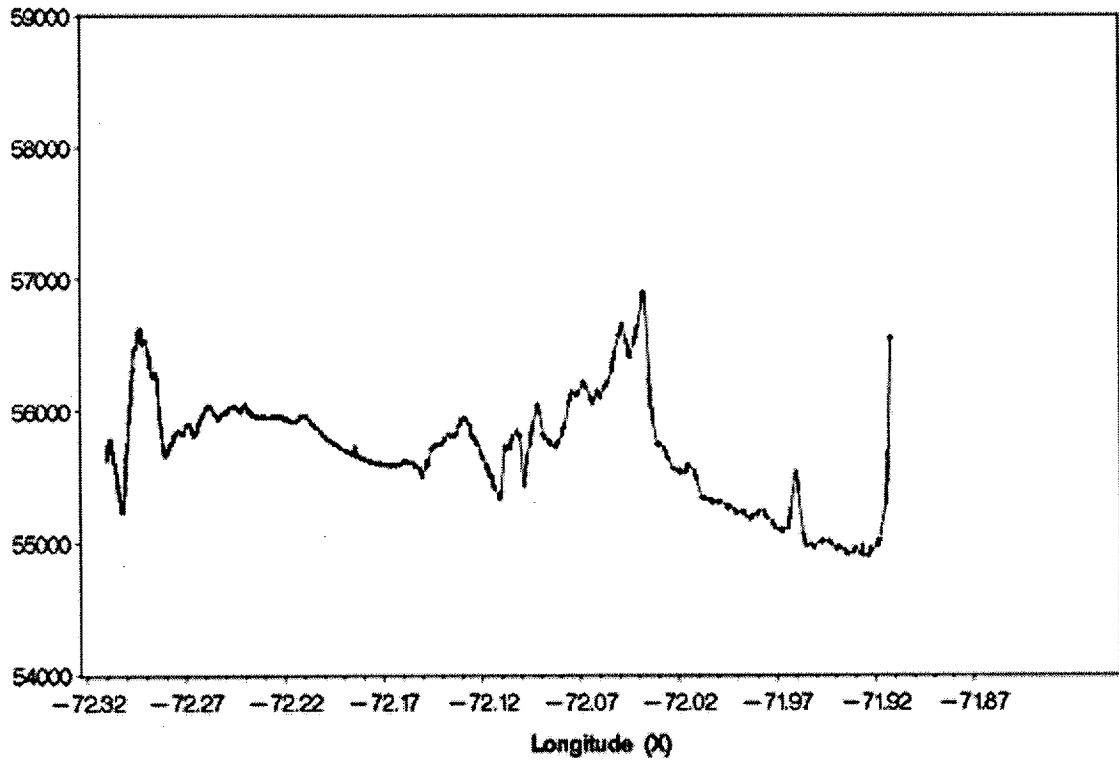




# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 22

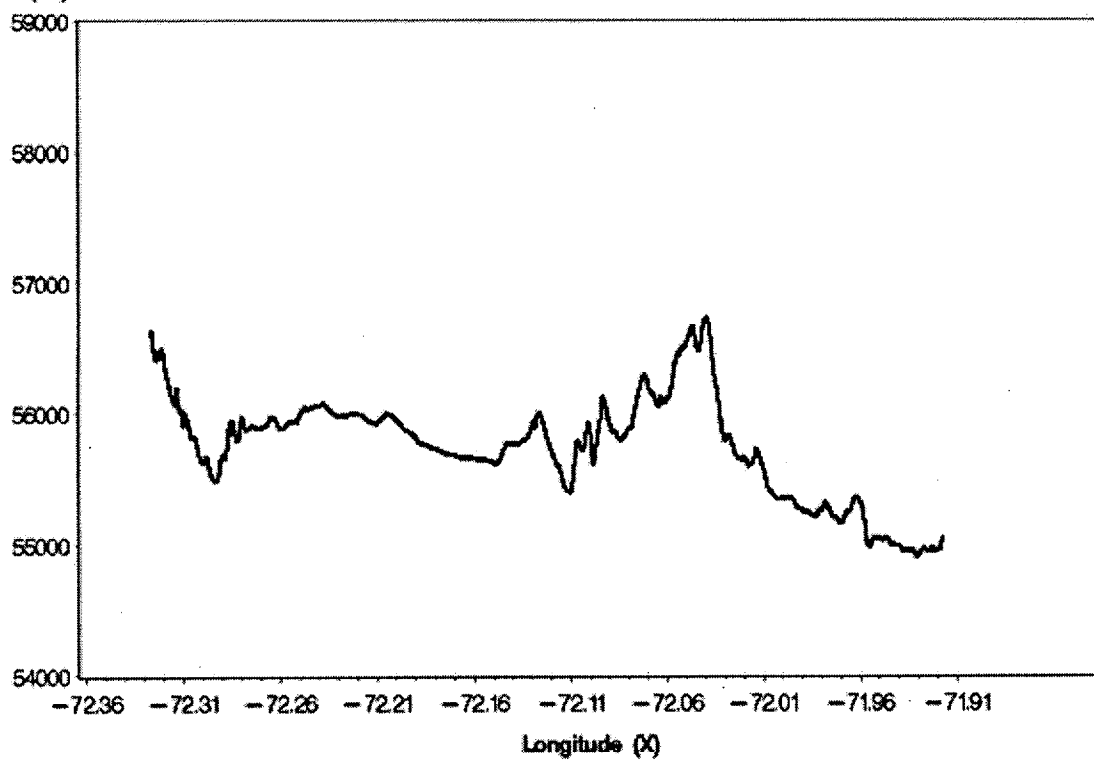
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 23

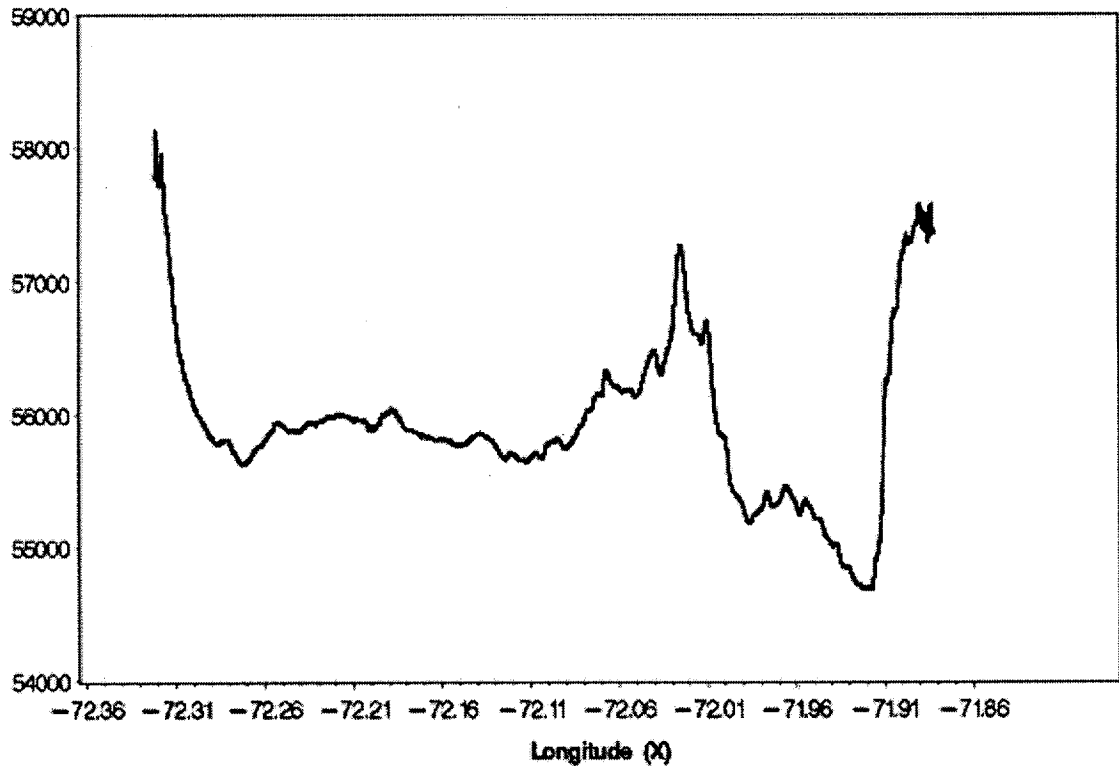
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 27

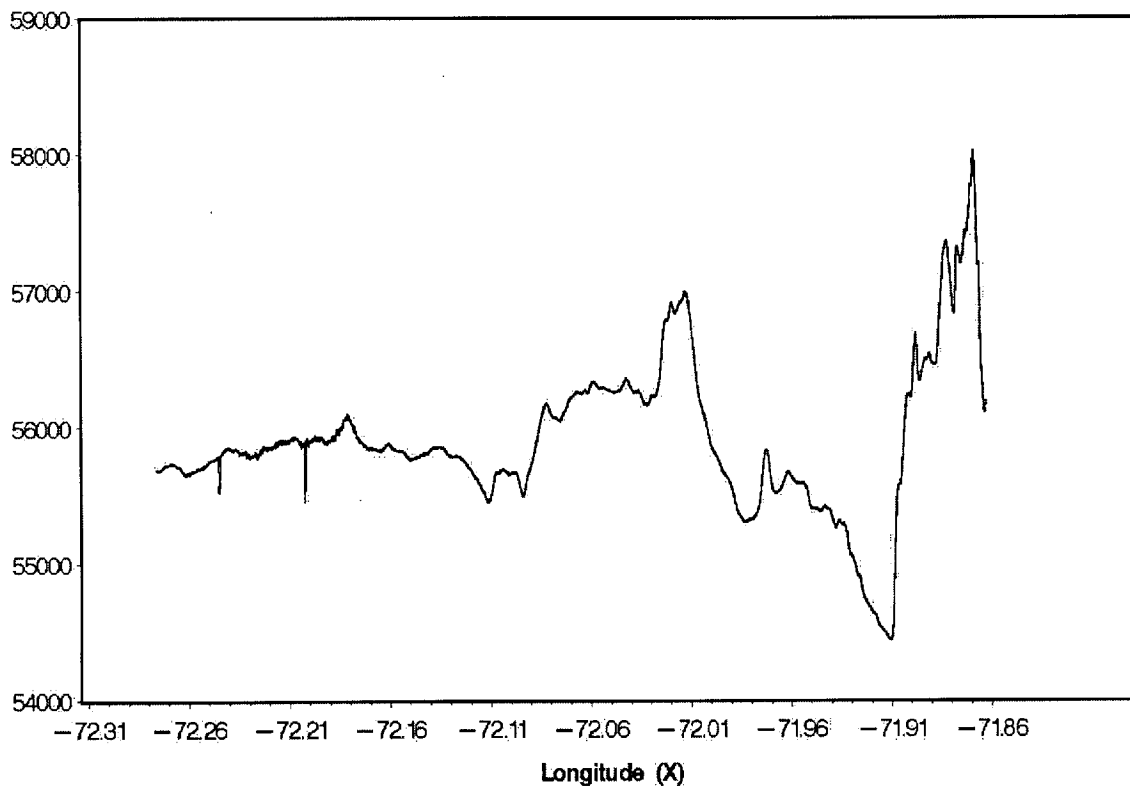
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne= 31

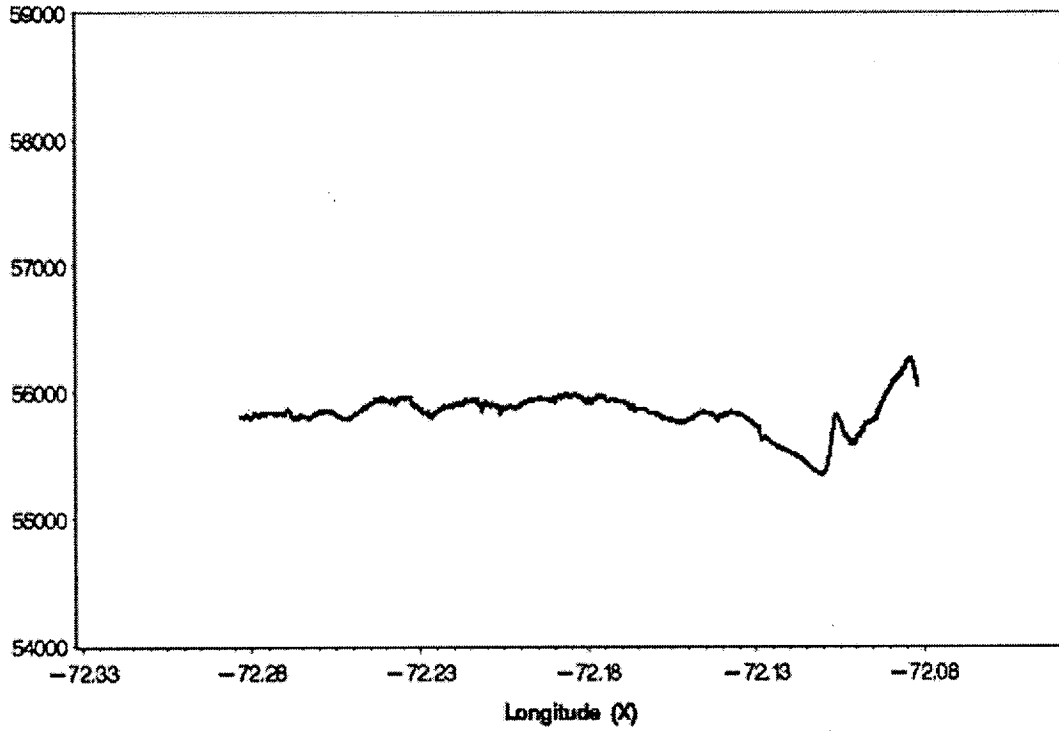
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 34

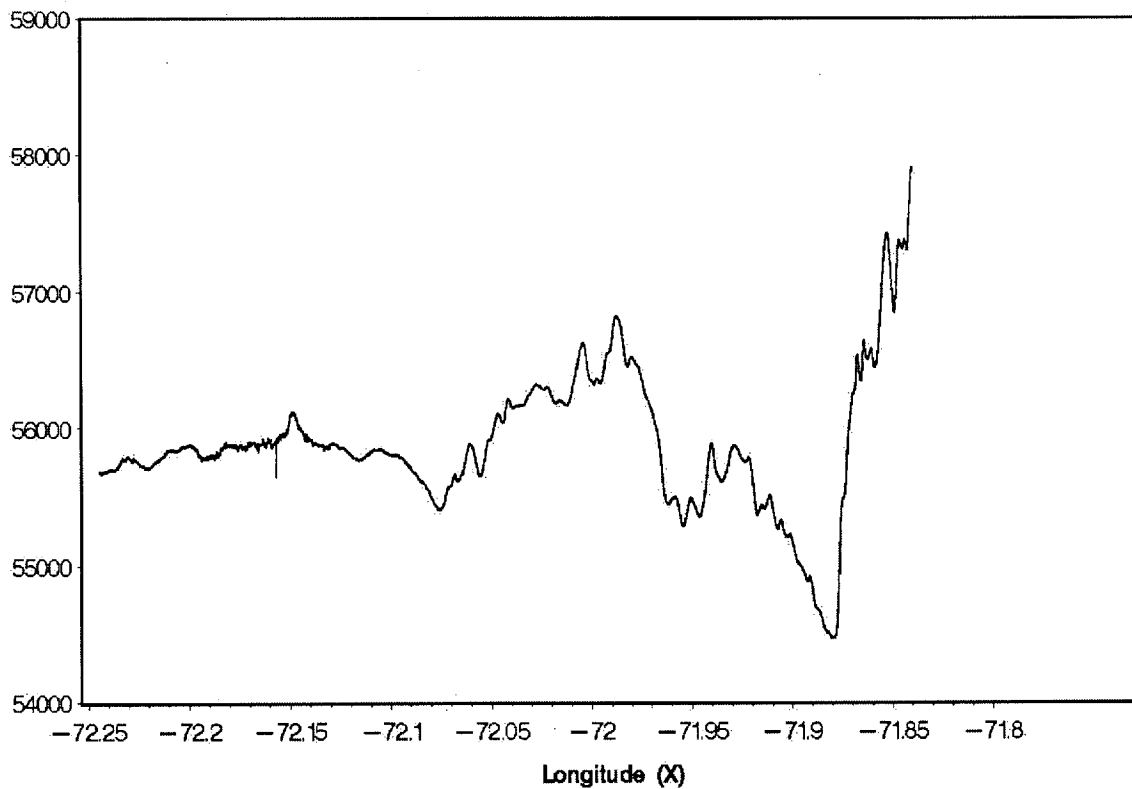
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 35

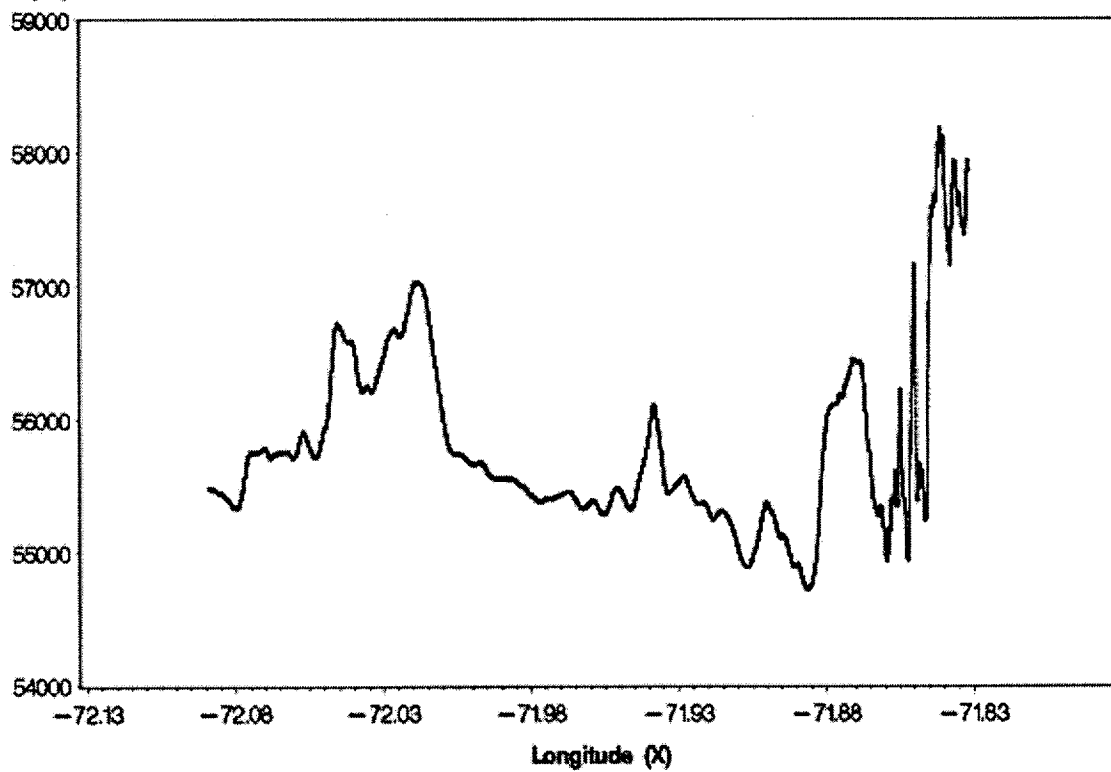
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 41

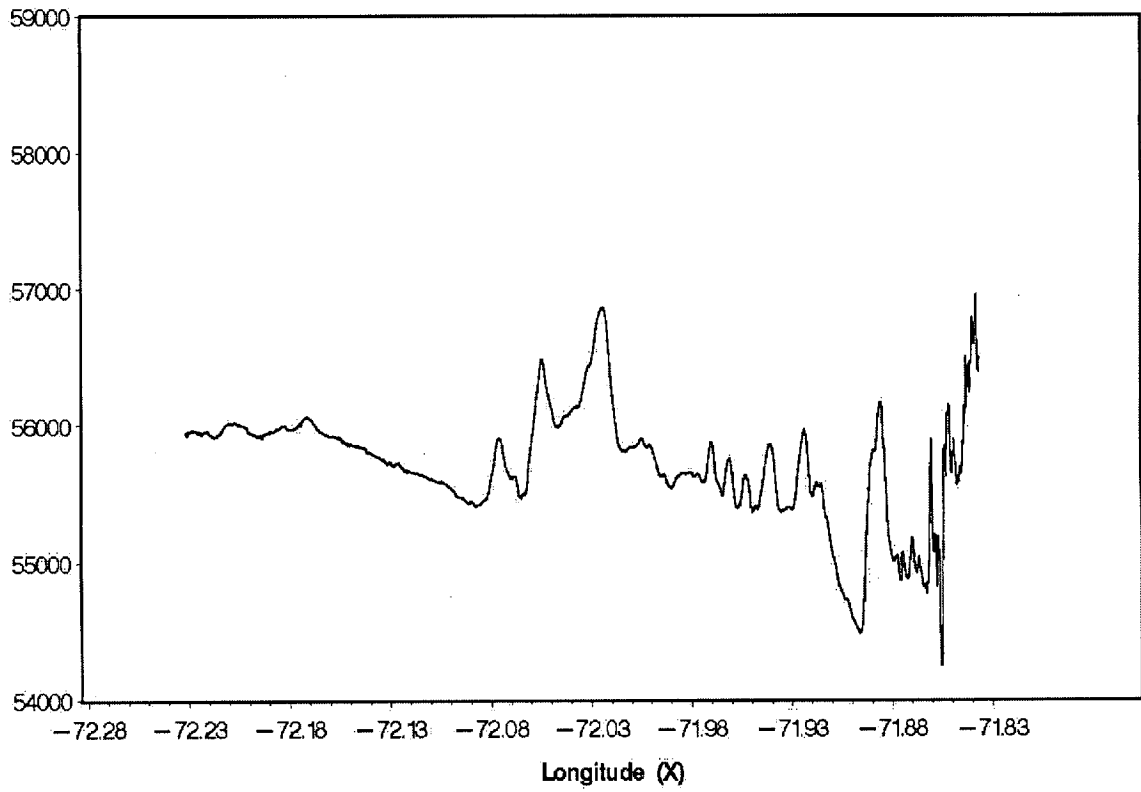
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 42

champ magnetique  
total (nT)

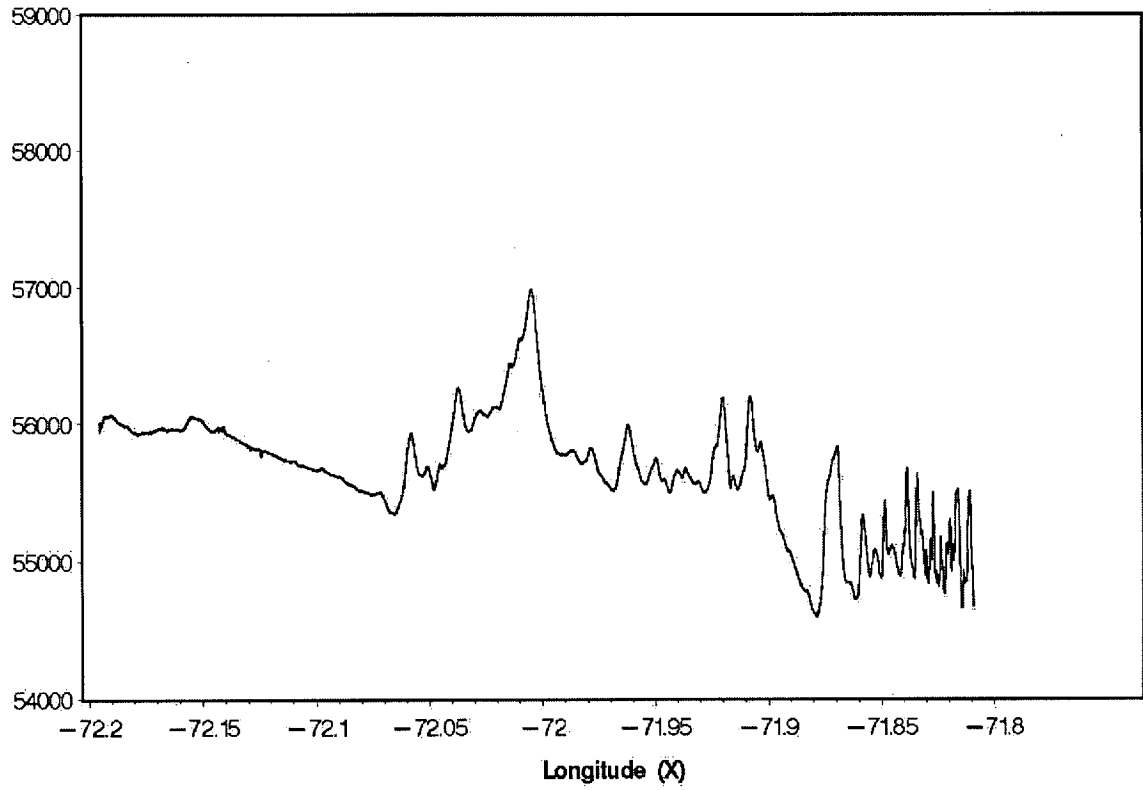




# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 45

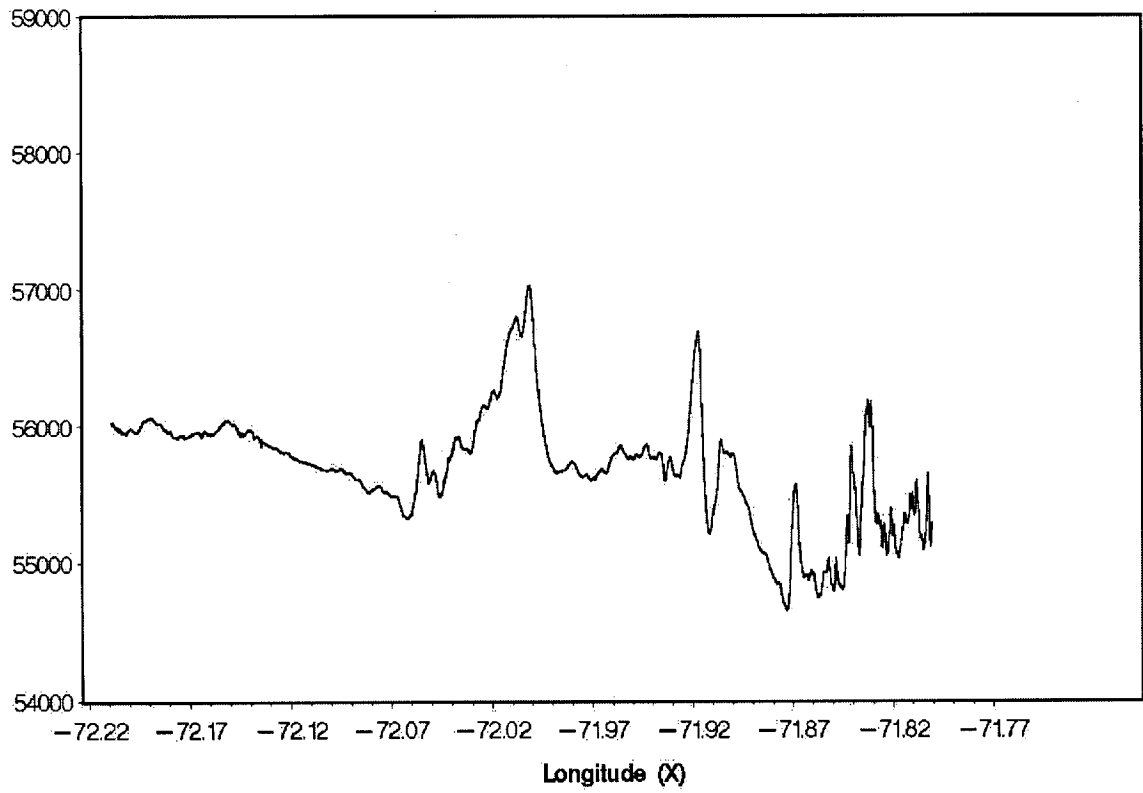
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 46

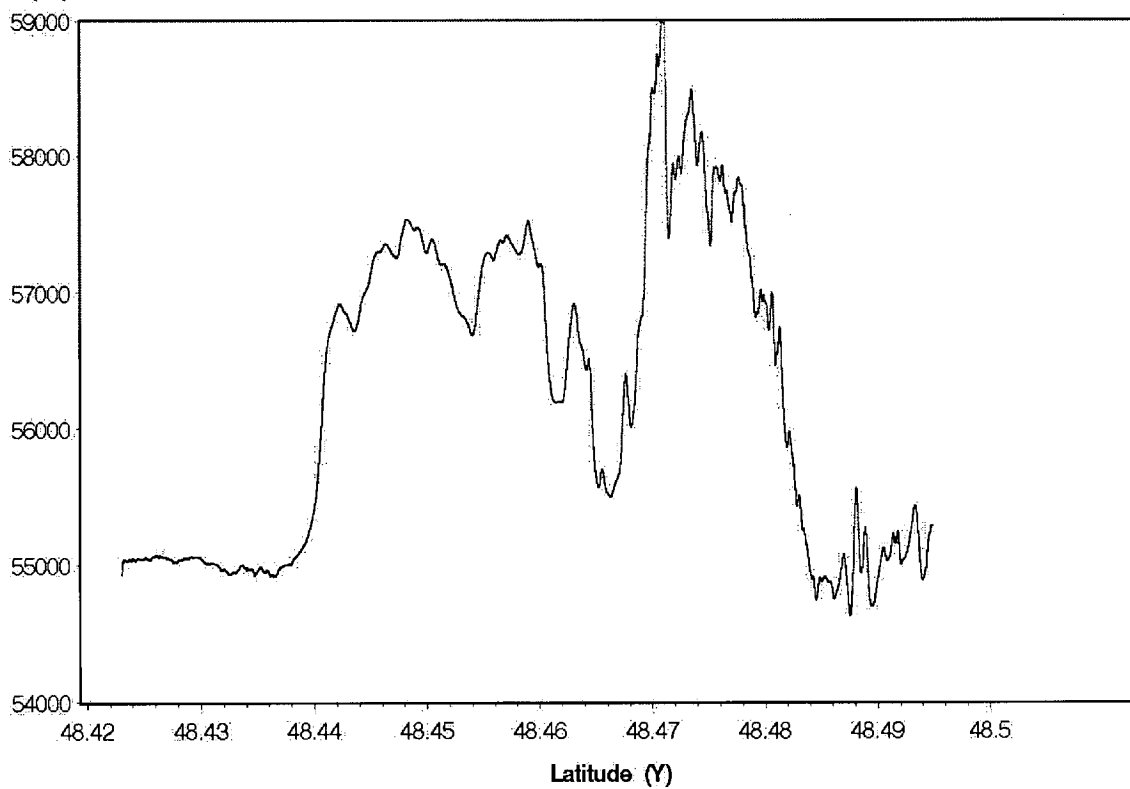
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne = 999

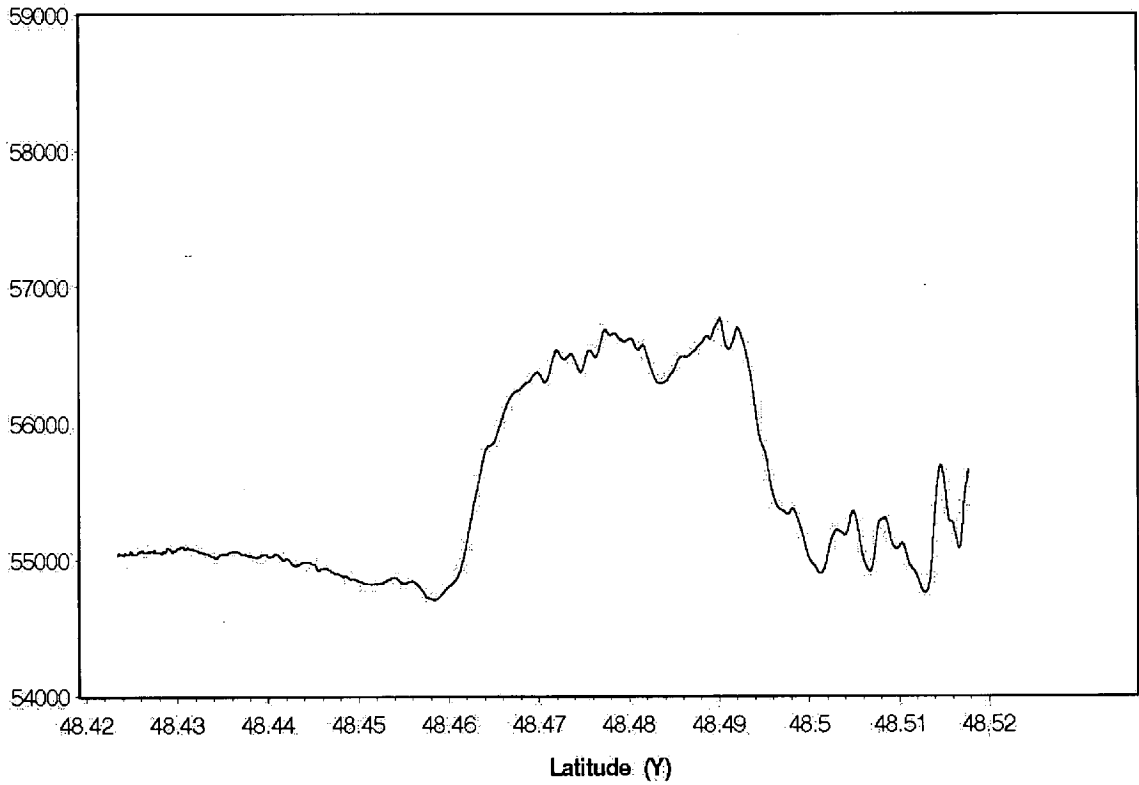
champ magnetique  
total (nT)



# Leve magnetometrique (lac St-Jean)

ligne= 1000

champ magnetique  
total (nT)



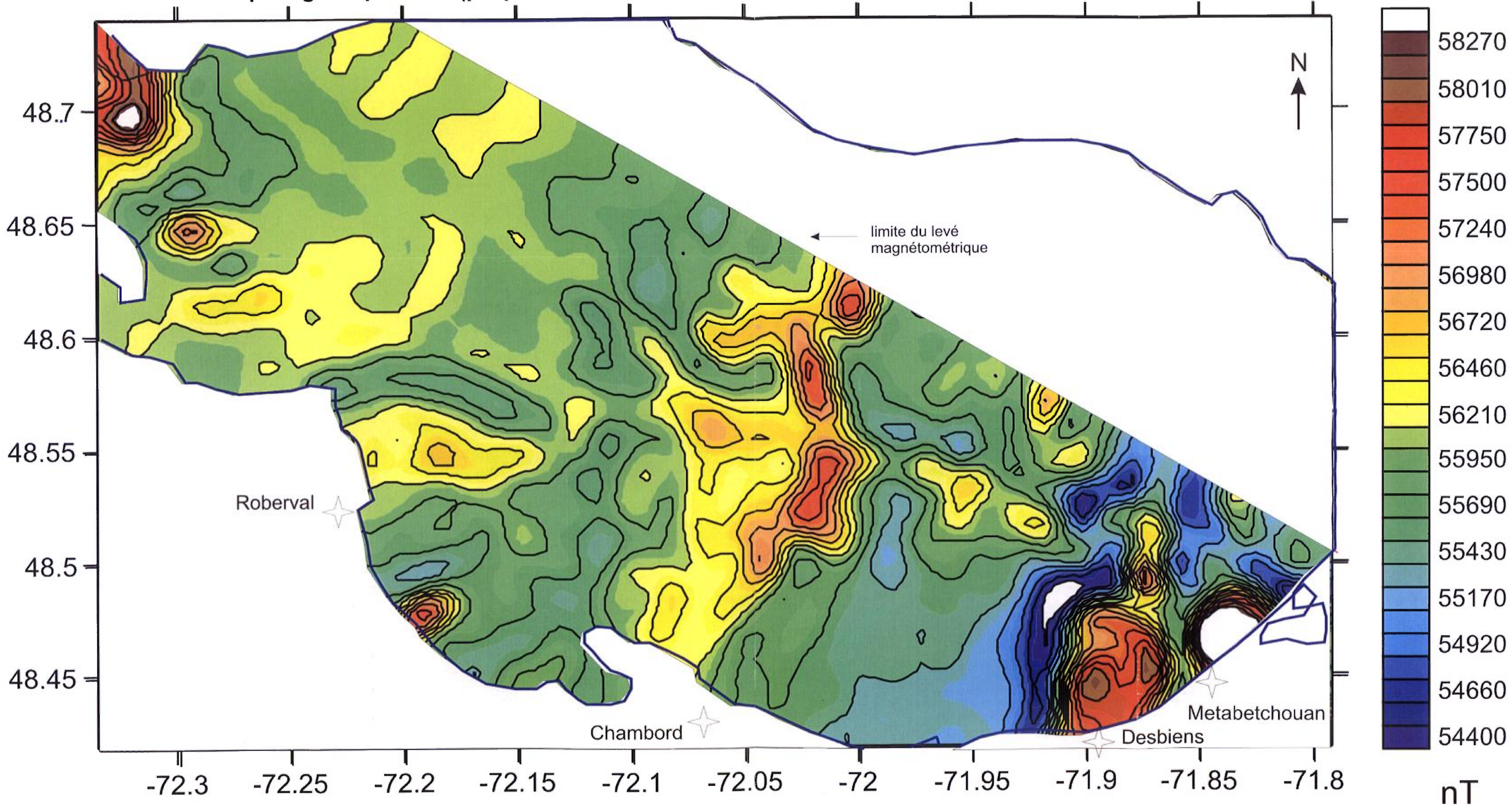
ANNEXE 3 :

**CARTES DES DONNÉES CORRIGÉES ET FILTRÉES DES LEVÉS  
MAGNÉTOMÉTRIQUES DE 2007 (FORMAT 11\*17).**





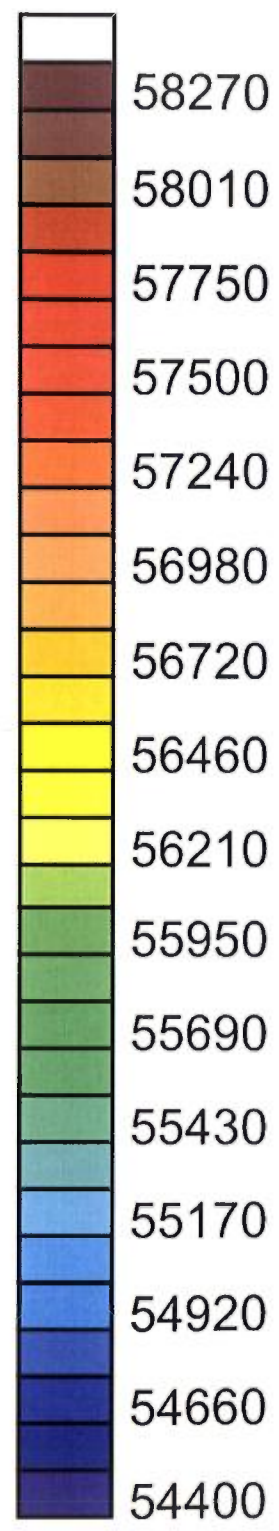
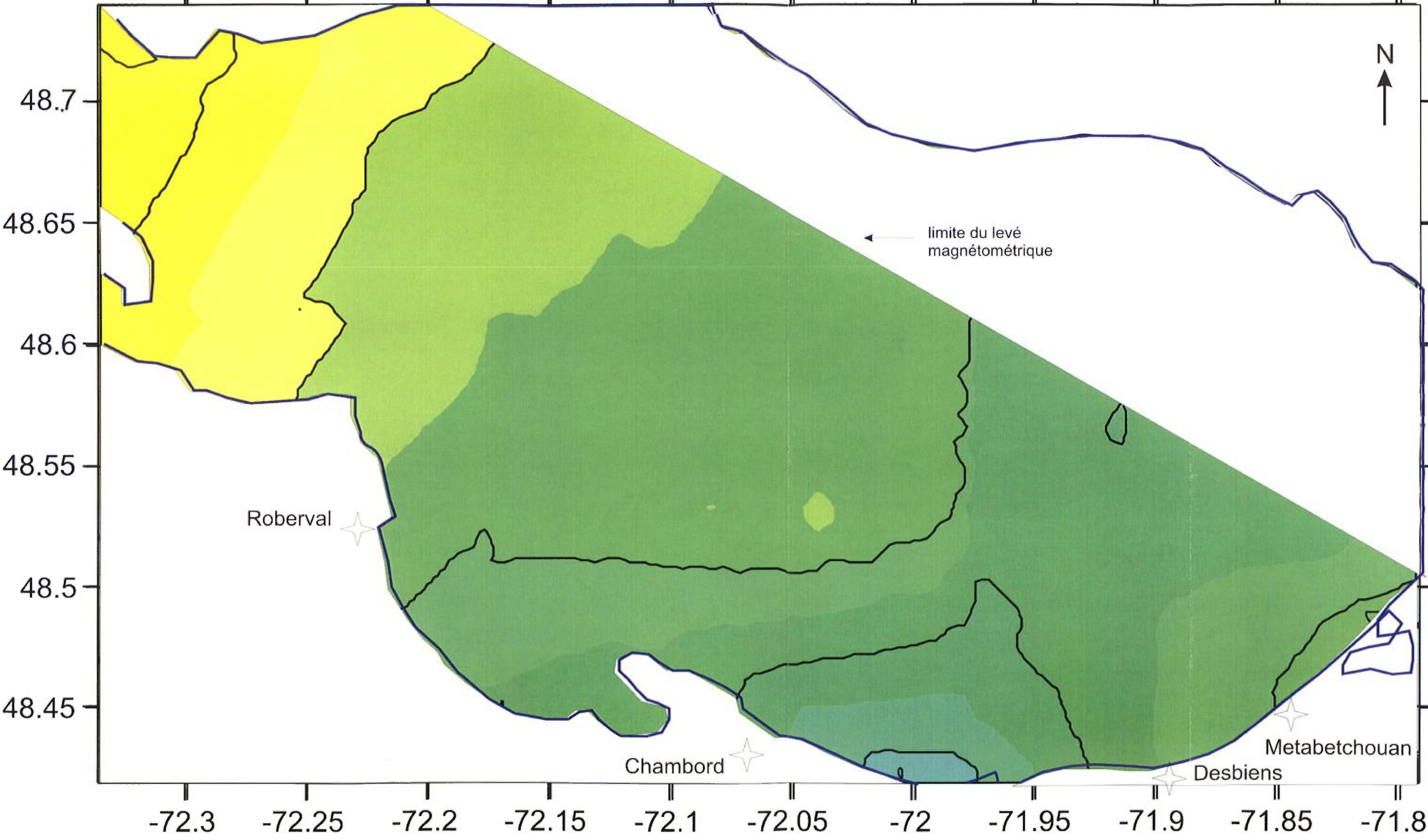
Carte du champ magnétique total (propriété Lac-St-Jean)





Champ total filtré basse fréquence (nT)

Lac St-Jean

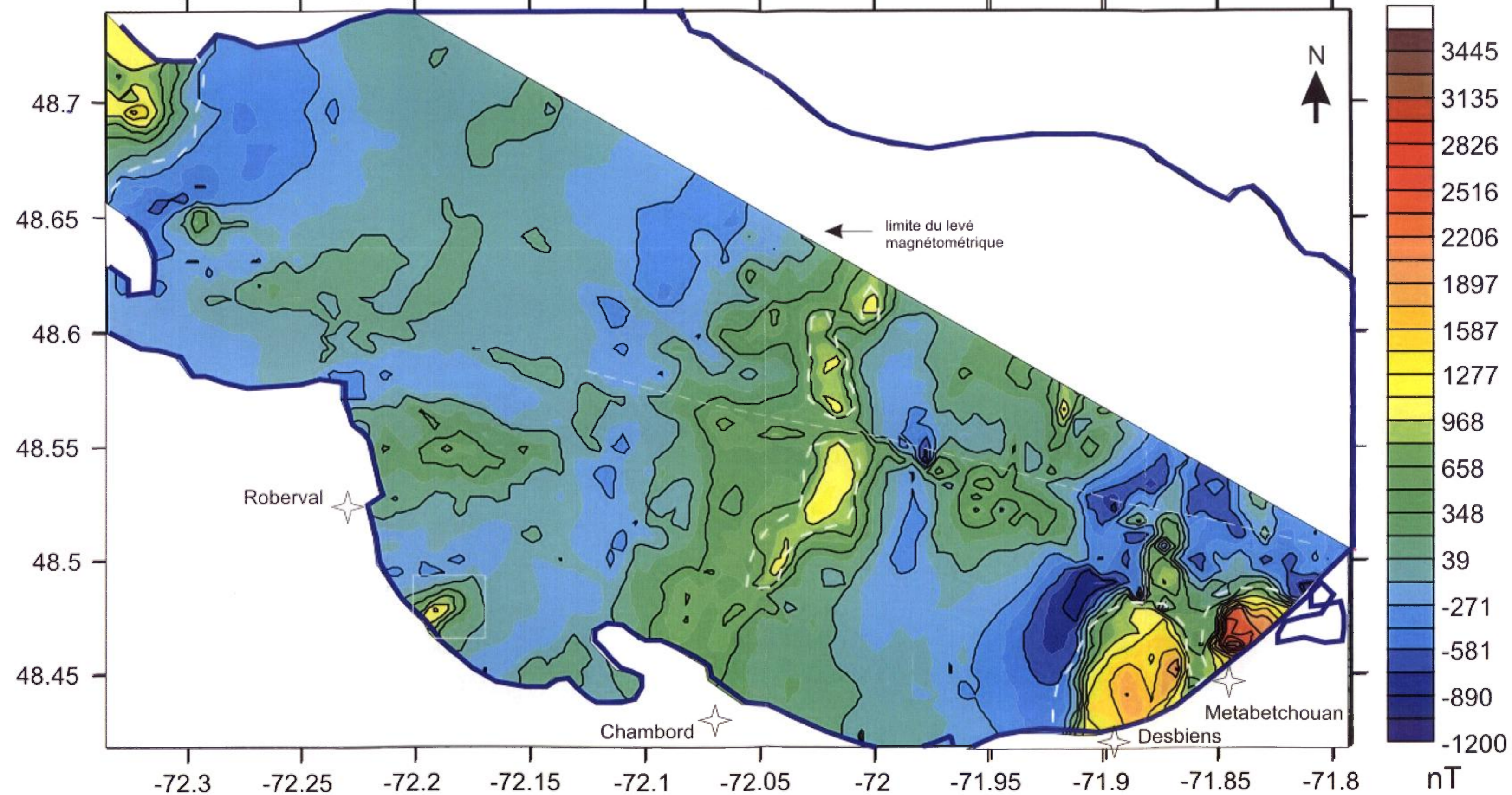


nT

Filtrage basse fréquence

Valeurs résiduelles

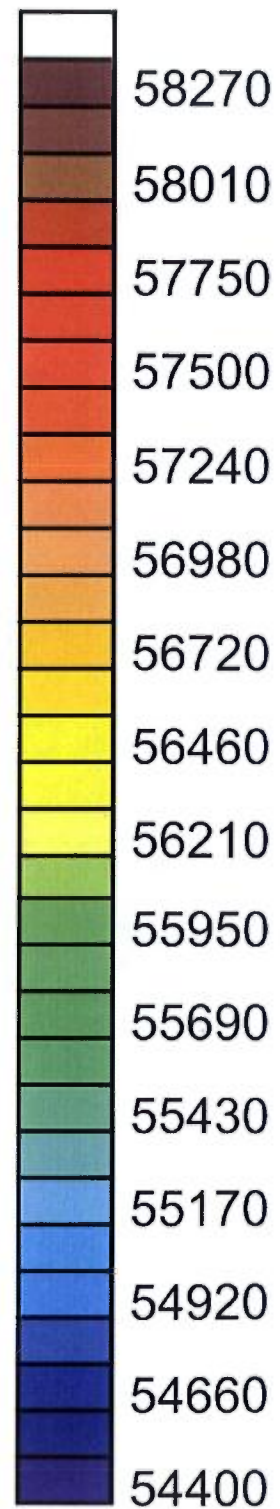
Lac St-Jean



Champ total filtré moyenne fréquence (nT)

Lac St-Jean

N  
↑



nT

← limite du levé magnétométrique

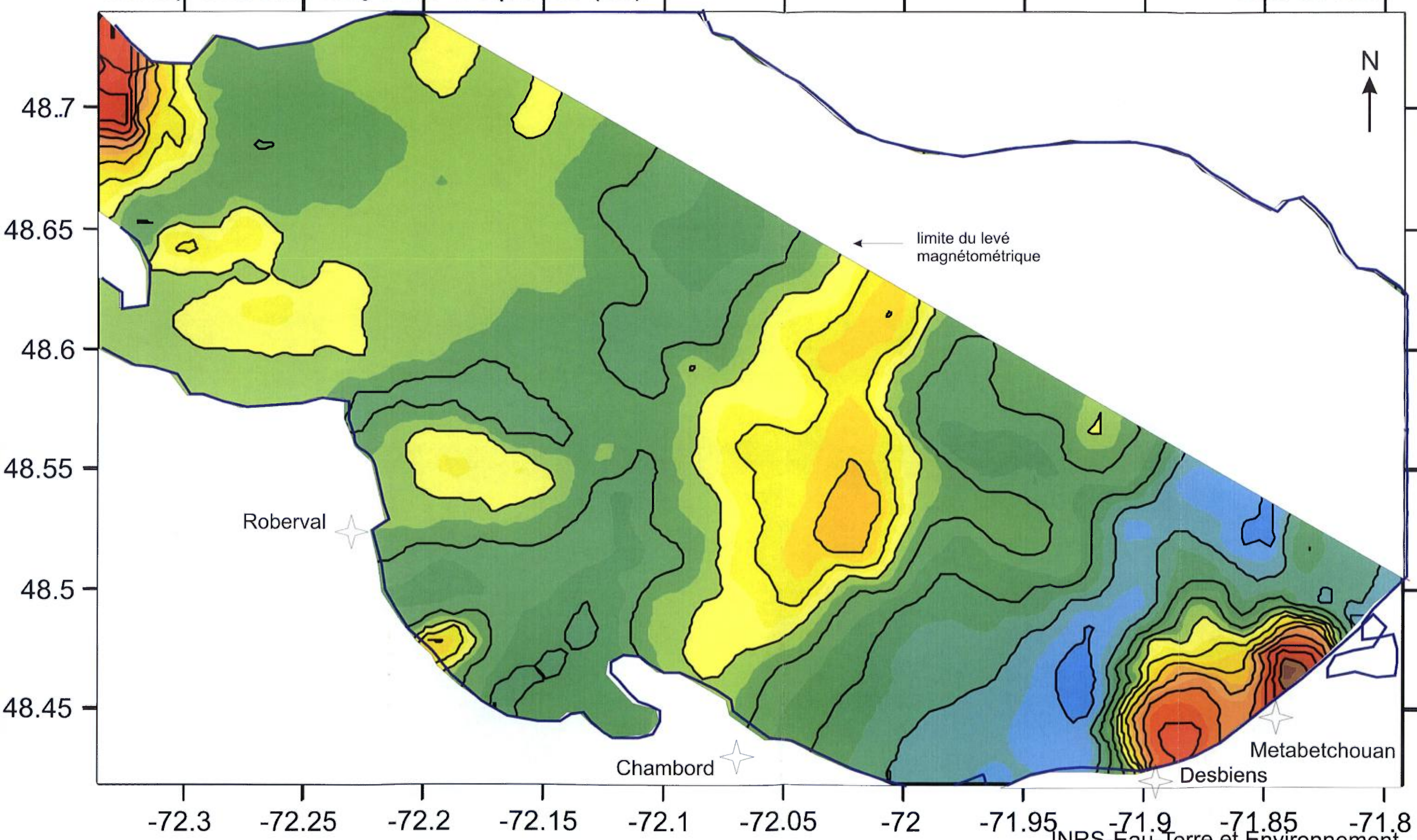
Roberval

Chambord

Desbiens

Metabetchouan

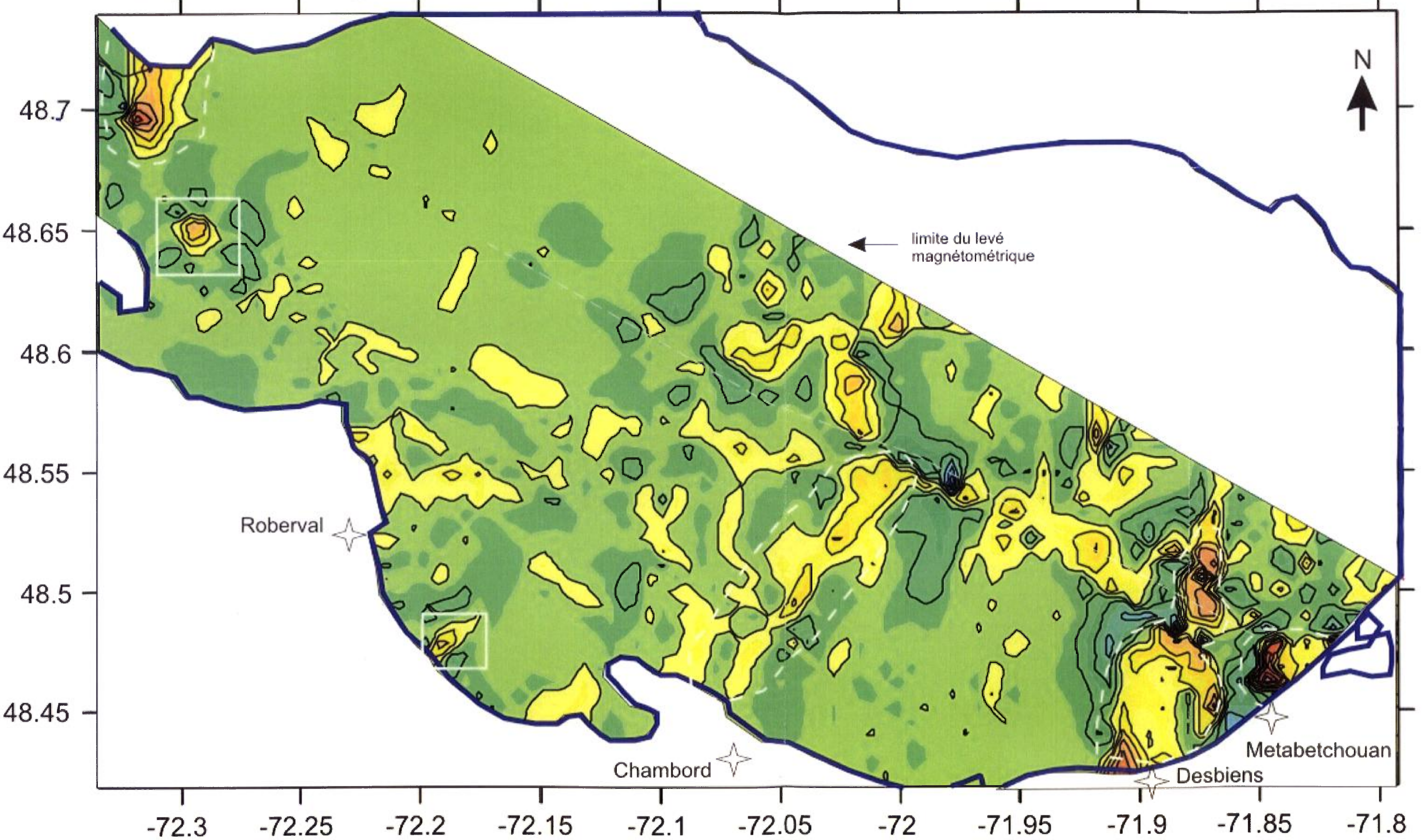
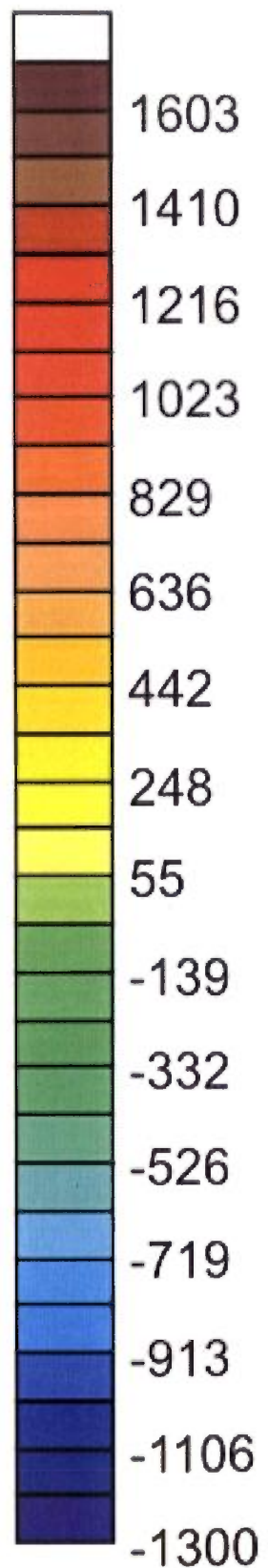
INRS-Eau-Terre et Environnement



Filtrage haute fréquence

Valeurs résiduelles

Lac St-Jean



limite du levé magnétométrique

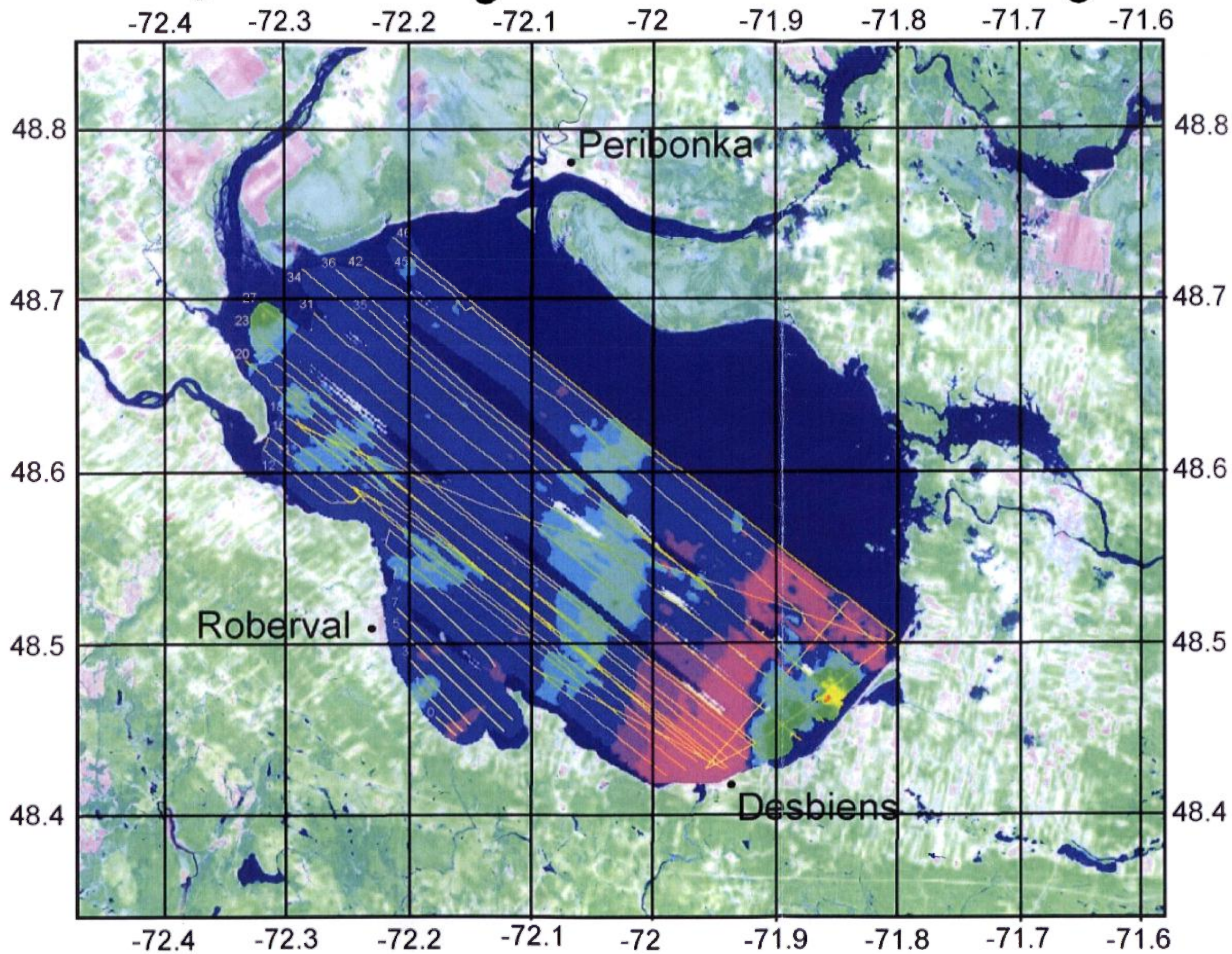
Roberval

Chambord

Desbiens

Metabetchouan

# Carte du champ magnétique total (propriété Lac-St-Jean)- données krigées



Champ magnétique (nT)

