

2011YF002-01

Les Mines JAG Itée - Permis de levé géophysique 2011GF002 - Levé gravimétrique effectué dans la partie est de la propriété Témiscouata

Documents complémentaires

Additional Files



Licence



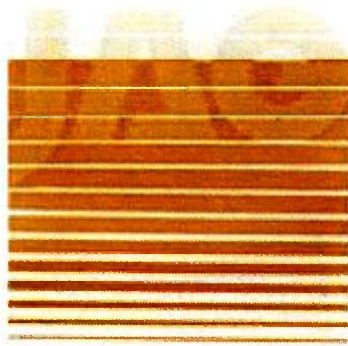
Licence

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 

2011/F002



Les Mines JAG Itée

**PERMIS DE LEVÉ GÉOPHYSIQUE
2011GF002**

PROPRIÉTÉ TÉMISCOUATA

**Levé gravimétrique effectué dans la partie est de la propriété
- secteur de la réserve faunique de Rimouski -**

**ENTREPRENEUR RESPONSABLE DES TRAVAUX :
INRS-ETE**

Responsable et auteur du rapport :

Marc Richer-LaFlèche, Ph.D., géo

20 septembre 2011

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
Résumé	5
1. INTRODUCTION	6
2. LOCALISATION DU LEVÉ GÉOPHYSIQUE	10
3. DONNÉES STATISTIQUES	11
4. ÉQUIPEMENTS UTILISÉS	12
5. PARAMÈTRES D'ACQUISITION	14
5.1 Paramètres généraux	14
5.2 Correction des données gravimétriques	14
5.3 Résultats	18
5.3.1 Données altimétriques	21
5.3.2 Anomalie air libre	24
5.3.3 Anomalie de Bouguer complète et correction de terrain	24
5.3.4 Continuité verticale vers le haut des valeurs de l'anomalie de Bouguer complète	29
5.3.5 Anomalie de Bouguer complète - intégration verticale	32
5.3.6 Anomalie de Bouguer complète - dérivée verticale	32
5.3.7 Anomalie de Bouguer complète – Tilt dérivative	36
6. DISCUSSION	39
Références	42
Annexe 1 : coordonnées UTM des stations gravimétriques	44

TABLE DES FIGURES

		<u>Page</u>
Figure 1	Localisation de la propriété Témiscouata. Le levé gravimétrique a été réalisé sur le permis de recherche 2006PG854.	6
Figure 2	Géologie de la propriété Témiscouata.	7
Figure 3	Carte altimétrique de la région du Témiscouata. La position de la propriété Témiscouata est indiquée sur la carte (Source : modèle numérique de terrain réalisé à partir des données de la NASA).	9
Figure 4	Carte de localisation des stations gravimétriques, permis de levé géophysique 2011GF002, partie est de la propriété Témiscouata, réserve faunique de Rimouski.	10
Figure 5	Gravimètre CG5 (Scintrex).	12
Figure 6	Figure montrant la station de base RTK ProMark 500 de Magellan et la station émettrice Pacific Crest.	13
Figure 7	Histogrammes des données d'élévation et d'anomalie de Bouguer complète des stations gravimétriques mesurées dans le secteur de la réserve faunique de Rimouski.	20
Figure 8	Carte altimétrique régionale obtenue à partir des données GPS-RTK mesurées aux stations gravimétriques. La position des stations gravimétriques est indiquée par de petits cercles noirs. Les données altimétriques sont en mètres.	22
Figure 9	Modèle numérique de terrain de la partie sud de la réserve faunique de Rimouski et d'une partie de la Zec Owen. La position des stations gravimétriques est indiquée par de petits cercles noirs. Les échantillons de soil gas pour lesquels des valeurs anormales en éthane (>1000 ppb) ont été obtenues sont indiqués par des étoiles.	23
Figure 10	Carte montrant la distribution spatiale des données calculées de l'anomalie air libre. Données interpolées par krigeage.	25
Figure 11	Carte montrant la distribution spatiale des données de correction de terrain. Données interpolées par krigeage.	26

Figure 12	Carte des valeurs de l'anomalie de Bouguer – données acquises lors du levé gravimétrique mené dans la réserve de Rimouski en 2011. Les étoiles indiquent la localisation des échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1 000 ppb.	28
Figure 13	Carte montrant la distribution spatiale des valeurs de l'anomalie de Bouguer complète filtrées (filtre Butterworth) et modélisées pour une continuité verticale vers le haut de 1000 m. Les étoiles colorées correspondent aux valeurs d'éthane > 1000 ppb mesurées dans les sols.	30
Figure 14	Carte montrant la distribution spatiale des valeurs de l'anomalie de Bouguer complète filtrées (filtre passe haut Butterworth) et modélisées pour une continuité verticale vers le haut de 3000m. Les étoiles colorées correspondent aux valeurs d'éthane > 1000 ppb mesurées dans les sols.	31
Figure 15	Carte des valeurs d'intégration verticale des données d'anomalie de Bouguer complète mesurées dans la partie sud de la réserve faunique de Rimouski.	33
Figure 16	Carte des valeurs d'intégration verticale de l'anomalie de Bouguer complète des levés gravimétriques de 2008 à 2011. Les étoiles indiquent la localisation des échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1 000 ppb.	34
Figure 17	Carte des valeurs de la dérivée verticale première calculées à partir de la grille des données d'anomalie de Bouguer complète.	35
Figure 18	Carte des valeurs du <i>tilt derivative</i> de l'anomalie de Bouguer interpolées par krigeage – données acquises lors du levé gravimétrique mené dans la réserve de Rimouski en 2011. Les étoiles indiquent la localisation des échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1 000 ppb.	37
Figure 19	Modèle numérique de terrain calculé à partir des données de la Commission géologique du Canada. Les étoiles correspondent aux échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1000 ppb. Le tracé de la faille présumée a été dessiné sur la carte.	38

- Figure 20 Carte des valeurs de l'anomalie de Bouguer intégrant les levés gravimétriques de 2009, 2010 et 2011. Les étoiles indiquent la localisation des échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1000 ppb. 40
- Figure 21 Carte des valeurs d'intégration verticale de l'anomalie de Bouguer complète intégrant les valeurs des levés gravimétriques de 2009, 2010 et 2011. Les étoiles indiquent la localisation des échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1000 ppb. 41

RÉSUMÉ

Ce rapport présente les résultats d'un levé gravimétrique réalisé dans la partie est de la propriété Témiscouata et plus spécifiquement, dans la partie sud de la réserve faunique de Rimouski. Ce levé complète une série de 4 levés gravimétriques réalisés pour les Mines JAG ltée dans la région du Bas St-Laurent. Le levé gravimétrique, effectué au cours du mois de février 2011, a permis l'obtention de 431 mesures gravimétriques réparties sur une distance de 58 km, le long des principaux chemins forestiers de la réserve faunique de Rimouski.

Les données gravimétriques ont été mesurées à l'aide d'un gravimètre CG5 (Scintrex). Un GPS RTK (Magellan ProMark500) a été utilisé pour localiser les stations avec une précision centimétrique. Les données gravimétriques mesurées sur le terrain ont été rattachées à une station gravimétrique de la Commission géologique du Canada située à Edmundston au Nouveau-Brunswick.

Les résultats du levé gravimétrique montrent l'extension vers l'est d'un creux gravimétrique préalablement observé dans le secteur de la ZEC Owen. Dans la partie sud de la réserve faunique de Rimouski, les valeurs de l'anomalie de Bouguer complète augmentent progressivement vers le nord-est et un haut gravimétrique est présent au nord du lac Rimouski. Dans cette partie de la réserve, des anomalies en éthane localisées en bordure du haut gravimétrique ont été observées dans les sols de la propriété lors d'un levé soil gas effectué en 2011. Ailleurs dans le périmètre du levé, les anomalies de gaz naturel mesurées dans les sols sont concentrées le long d'un creux gravimétrique secondaire associé à une dépression topographique orientée SO-NE. Cette association spatiale suggère la présence d'une faille (non cartographiée) située à l'intérieur de la Formation de Témiscouata. Une telle structure pourrait avoir canalisé la migration du gaz naturel vers la surface.

1. INTRODUCTION

JAG a acquis dans la région du lac Témiscouata au Bas St-Laurent, une zone sous permis de 204 715 hectares, située dans le bassin sédimentaire des Appalaches (Laroche et Richer-LaFlèche, 2007). La propriété Témiscouata comprend dix permis : 2006PG846, 2006PG847, 2006PG848, 2006PG849, 2006PG850, 2006PG851, 2006PG852, 2006PG853, 2006PG854 et 2010PRO20 (figure 1). Le levé gravimétrique (permis 2011GF002) réalisé dans le secteur de la réserve faunique de Rimouski couvre le permis 2006PG854.

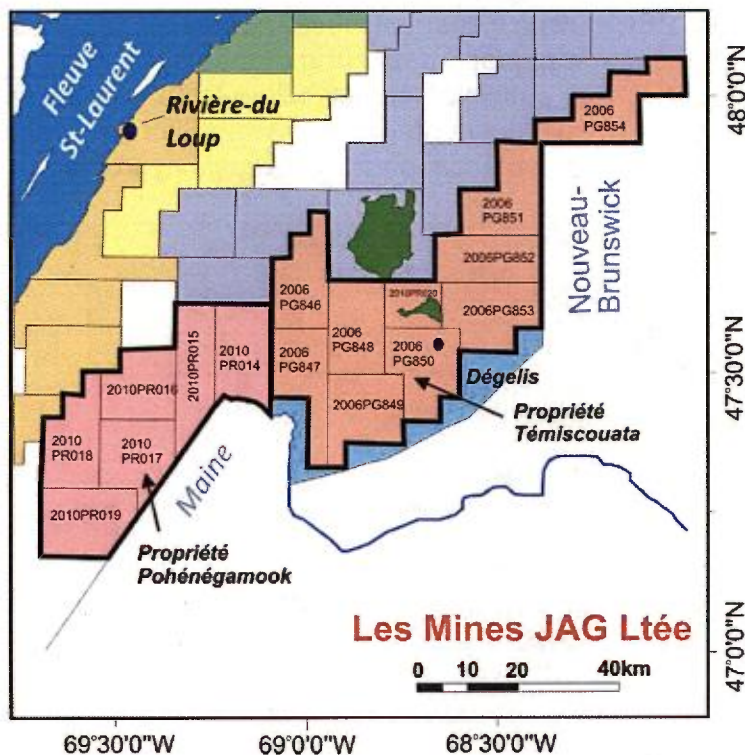


Figure 1. Localisation de la propriété Témiscouata. Le levé gravimétrique a été réalisé sur le permis de recherche 2006PG854.

Les travaux d'exploration menés par JAG au Bas St-Laurent visent l'identification de réservoirs de gaz naturel de type conventionnel. La géologie de surface de la propriété Témiscouata montre des unités de roches sédimentaires d'âge cambrien à dévonien, faisant partie du bassin sédimentaire des Appalaches (Bas St Laurent – Gaspésie) (figure 2). La propriété était demeurée inexplorée pour son potentiel en hydrocarbures jusqu'à ce que JAG y amorce des travaux d'exploration en 2006. L'état des connaissances géologiques y est moindre que dans le reste du bassin de la Gaspésie. Toutefois, la géologie de surface montre des évidences de pièges structuraux potentiels et une succession de roches sédimentaires diversifiées, shales, grès et roches carbonatées, qui pourraient constituer des roches mères et des roches réservoirs potentielles, d'où l'intérêt pour ce territoire.

La majeure partie de la propriété est recouverte par les roches dévoniennes de la Formation de Témiscouata, constituée d'une succession de roches sédimentaires siliciclastiques (des turbidites comprenant des horizons de shale et de siltstone), de calcaires et de conglomérats. Dans la région, la Formation de Témiscouata est juxtaposée aux roches du Groupe de Chaleurs (Silurien inférieur à Dévonien inférieur) et aux roches du Groupe de Cabano (OrdoVICIEN) le long de la faille inverse de Témiscouata orientée NE-SO. Des affleurements de calcaire, localement dolomités, de mudstone calcareux et de grès arkosique, faisant vraisemblablement partie du Groupe de Chaleurs, ont été identifiés dans la ZEC Owen. Les calcaires montrent des nodules et des structures concentriques rappelant des stromatopores et semblent avoir fait partie d'un complexe récifal, possiblement associé à la barrière récifale qui aurait bordé la marge du plateau continental à la fin du Silurien. Un tel complexe pourrait représenter un piège potentiel pour d'éventuels hydrocarbures.

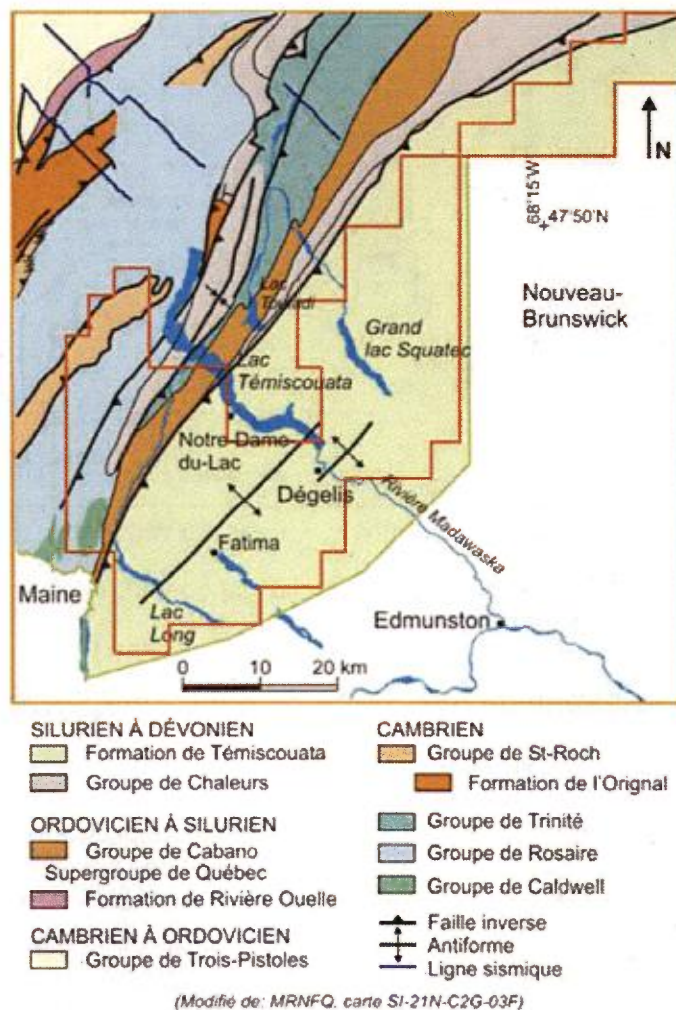


Figure 2. Géologie de la propriété Témiscouata.

L'intervention de terrain et le protocole instrumental déployés au cours du levé géophysique visaient à documenter et à évaluer la variabilité spatiale des données gravimétriques dans l'extrémité est de la propriété Témiscouata. Le levé gravimétrique linéaire, à intervalles de 150 m, a été réalisé le long des chemins forestiers recoupant les principales unités et structures géologiques régionales de la partie sud de la réserve faunique de Rimouski. La position des stations de mesure a été établie en fonction de plusieurs paramètres tels que leur distance par rapport aux limites de la propriété, l'accessibilité du territoire en période hivernale et le recoupement des unités lithostratigraphiques et des structures connues.

L'identification d'anisotropies gravimétriques locales ou régionales permet de contraindre certaines interprétations géologiques et d'évaluer la présence de creux gravimétriques pouvant indiquer l'épaississement des séquences de roches sédimentaires. La localisation des hauts et des creux gravimétriques est un exercice fréquemment utilisé pour étudier le potentiel en hydrocarbures des séquences de roches sédimentaires (ex. Jorgensen, 2004; Keto et Tianyou, 2006; Reeh et Aifa, 2008).

Les hauts gravimétriques correspondent le plus souvent à des remontées du socle rocheux présent sous la couverture des roches sédimentaires bien qu'ils sont parfois associés à la présence de roches plutoniques ou volcaniques. Les creux gravimétriques sont souvent associés à des zones de failles recouvertes de dépôts superficiels non consolidés ou à la présence d'unités lithologiques contenant des roches de plus faible densité (ex. grès poreux, évaporites).

Dans le contexte géologique des Appalaches du Bas St-Laurent, ces creux gravimétriques pourraient indiquer la présence de bassins sédimentaires enfouis sous les nappes de chevauchement acadiennes. Ces bassins profonds pourraient contenir des roches mères ayant généré des hydrocarbures.

Physiographie régionale

La partie est de la propriété Témiscouata comprend de multiples collines et monts, entrecoupés de vallées au fond desquelles on retrouve des lacs comme le lac Témiscouata, le lac Squatec et le lac Rimouski. La chaîne des monts Notre-Dame traverse la MRC du Témiscouata du sud-ouest au nord-est (Rochefort, 1981). Les sommets des monts Notre-Dame atteignent une élévation d'environ 500 m dans le secteur de la réserve faunique de Rimouski (**figure 3**).

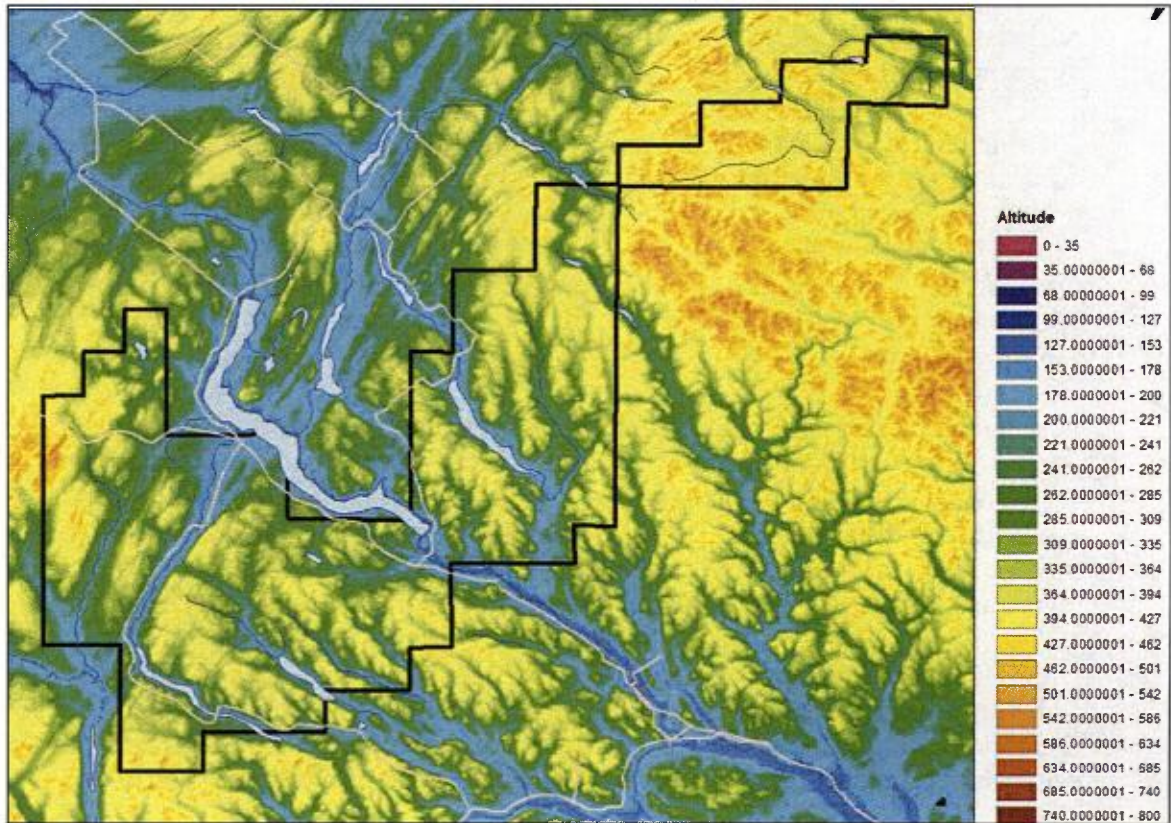
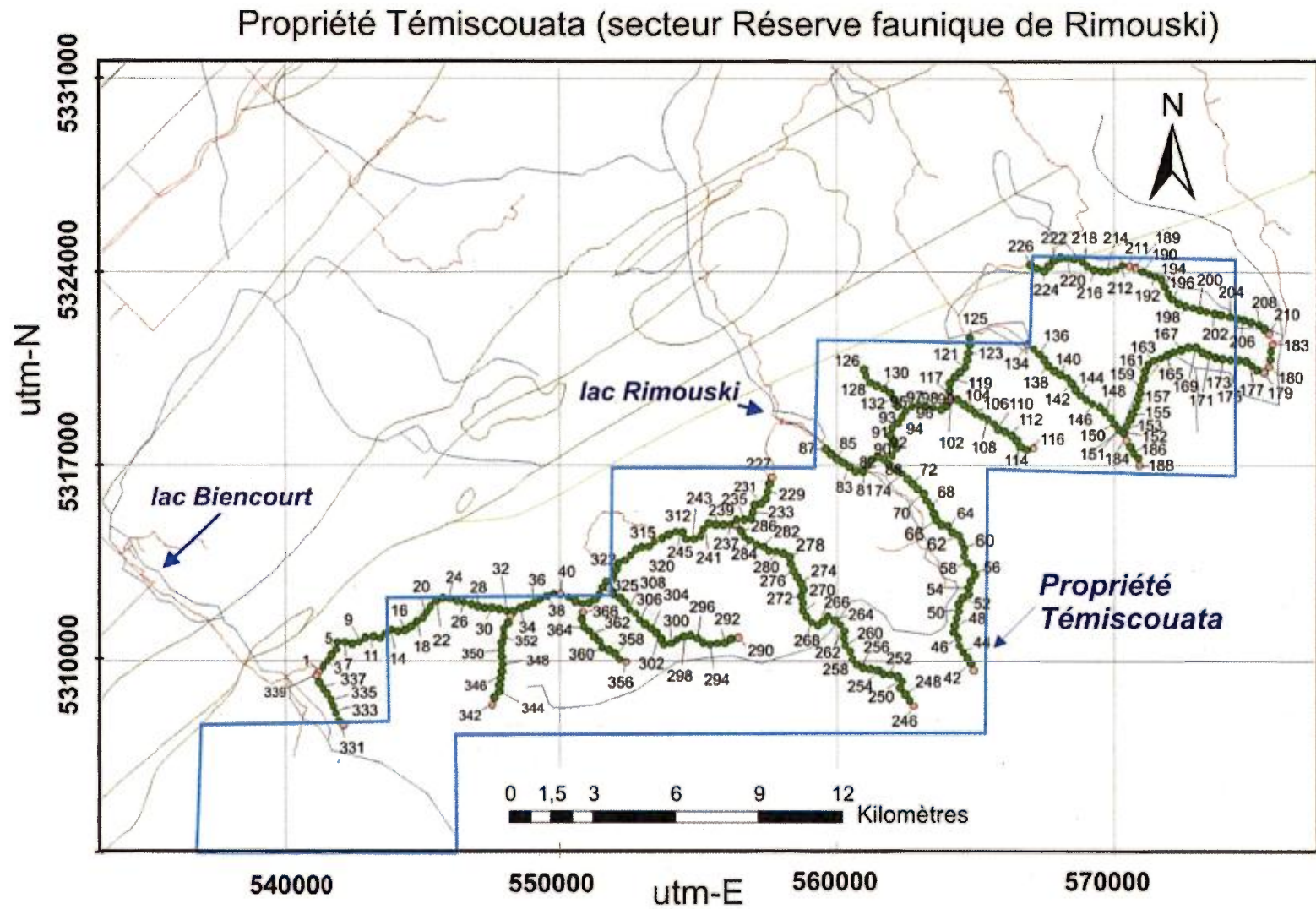


Figure 3. Carte altimétrique de la région du Témiscouata. La position de la propriété Témiscouata est indiquée sur la carte (Source : modèle numérique de terrain réalisé à partir des données de la NASA).

2. LOCALISATION DU LEVÉ GÉOPHYSIQUE



Localisation des stations gravimétriques

Figure 4. Carte de localisation des stations gravimétriques, permis de levé géophysique 2011GF002, partie est de la propriété Témiscouata, réserve faunique de Rimouski.

3. DONNÉES STATISTIQUES

Date de mobilisation : 11 février 2011
Date de démobilisation : 24 février 2011
Date du début du levé : 12 février 2011
Date d'interruption : aucune
Date de reprise : ne s'applique pas
Date de fin du levé : 24 février 2011

Personnel affecté à la réalisation du levé géophysique

Marc Richer-Lafèche
Edith Chouinard
Jean-Francois Boily
André Castonguay
Yves Asselin

Données de progression quotidienne

Le levé gravimétrique effectué compte un total de 356 stations. Cependant, le rapport tient aussi compte de certains résultats recueillis par l'INRS-ETE pour son propre compte (i.e. 75 mesures supplémentaires, portant le total des stations à 431).

Jour N°	Date	Permis de recherche	Activité	Nombre de stations	Cumulatif stations	Cumulatif (km)
1	12 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	0	0	0
2	13 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	11	11	2,75
3	14 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	28	39	9,75
4	15 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	46	85	21,25
5	16 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	45	130	32,50
6	17 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	30	160	40,00
7	18 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	24	184	46,00
8	19 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	25	209	52,25
9	20 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	31	240	29
10	21 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	41	281	39,25
11	22 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	42	323	49,75
12	23 février 2011	2006PG854	Levé gravimétrique et levé RTK	33	356	58,00

4. ÉQUIPEMENTS UTILISÉS

Un gravimètre de type CG5 de la compagnie Scintrex (Ontario, Canada) a été utilisé (**figure 5**). Cette nouvelle génération de gravimètre permet une saisie des données automatisée permettant l'enregistrement de milliers de données gravimétriques pour une seule station de mesure. Ces données peuvent être ultérieurement filtrées à l'aide de transformées de Fourier afin d'éliminer les perturbations reliées à certaines vibrations du sol (ou ondes sismiques, vibrations anthropiques). Ce filtrage des données permet l'obtention de données gravimétriques de bonne qualité.



Figure 5. Gravimètre CG5 (Scintrex).

Afin d'obtenir une qualité optimale des données, le gravimètre CG5 a été programmé dans un mode d'acquisition avec 5 réplicats de 45 secondes par station. Un filtre sismique ainsi qu'une correction de marée ont été automatiquement calculés par le processeur du CG5.

À chacune des stations, un piquet de bois numéroté a été enfoncé dans le sol pour faciliter l'identification des stations de mesure gravimétrique. La **figure 6** montre la station de base du système RTK ProMark 500 (Magellan) utilisée lors du levé gravimétrique. L'antenne émettant le signal correctif est de type Pacific Crest. La précision est de l'ordre du centimètre et parfois supérieure. Compte

tenu de l'importance du relief dans le secteur de la réserve faunique de Rimouski, il a fallu utiliser une seconde antenne Pacific Crest (avec radio) comme répétitrice. Plusieurs stations géodésiques du gouvernement du Québec (MRNF) ont été utilisées pour l'arpentage des différentes stations gravimétriques.



Figure 6. Figure montrant la station de base RTK ProMark 500 de Magellan et la station émettrice Pacific Crest.

5. PARAMÈTRES D'ACQUISITION

5.1. Paramètres généraux

géométrie du dispositif source:

non applicable, levé de champ potentiel (gravimétrie)

géométrie du dispositif récepteur :

non applicable, levé de champ potentiel (gravimétrie)

espacement entre les stations :

250 m

caractéristiques de la source d'énergie utilisée :

non applicable, levé de champ potentiel (gravimétrie)

réglage des filtres d'enregistrement :

un filtre sismique a été utilisé pour éliminer les données impactées par la vibration du sol

cartes topographiques:

les travaux ont été réalisés sur les feuillets SNRC 22C1, 22B4 et 21N16

Les données gravimétriques ont été acquises le long de chemins forestiers. Les stations gravimétriques sont localisées sur la **figure 4**. Les données ne sont pas présentées sous la forme de profils. Les coordonnées UTM-Nad83 de chaque station de mesure sont présentées à l'**annexe 1**.

5.2 Correction des données gravimétriques

Les données gravimétriques enregistrées par le gravimètre CG5 sont relatives. Pour obtenir des données absolues, nous avons utilisé la station 9804-1962 de la Commission géologique du Canada. La station 9804-1962 a une valeur de 980765,800 mgals. Elle est située dans la ville d'Edmundston au Nouveau-Brunswick et plus précisément, sur la rue St-François à la gare du Canadien National. Pour établir la valeur de la station de base INRS de Biencourt (station *Biencourt-99999*) nous avons fait plusieurs cycles de lecture des stations 9804-1962 de la CGC et *Biencourt-99999* dans une même journée d'acquisition. Après correction des données pour la dérive instrumentale et l'effet de marée, nous avons calculé une valeur de 5389,8485 mgals pour la station INRS *Biencourt-99999*. Notez que cette dernière est située dans le camping municipale de Biencourt à la coordonnée (UTM-Nad83) 534465,957 E et 534465,957 N et que son altitude est de 221,46 m.

Les données gravimétriques brutes et les données RTK ont été transférées dans un ordinateur de terrain. Ces dernières ont été regroupées en fonction du numéro de la station, de la journée d'acquisition et de l'heure GMT. Une fois transférées et vérifiées, les corrections suivantes ont été apportées aux données gravimétriques pour éliminer les erreurs de numérotation :

- 1) correction pour la hauteur de l'instrument
- 2) correction pour la dérive instrumentale
- 3) calcul de la gravité absolue
- 4) calcul de la gravité théorique (latitude)
- 5) calcul de la correction air libre et de l'anomalie air libre
- 6) calcul de la correction de Bouguer et de l'anomalie de Bouguer
- 7) calcul des valeurs de gravité finale (ou anomalie de Bouguer complète) incluant la correction de terrain

Pour plus d'informations sur les corrections des données gravimétriques, on peut consulter les ouvrages de Cogbill (1990) et de Hinze et al. (2003, 2005).

Correction pour la hauteur de l'instrument

L'équation suivante a été utilisée pour corriger les données gravimétriques afin de compenser l'effet d'élévation du gravimètre par rapport au niveau du sol ou de la glace.

$$R_h = R_t + 0,30859 * H_i$$

R_h : Valeur corrigée (en mgals) pour compenser la hauteur de l'instrument

R_t : Valeur corrigée (en mgals) pour compenser l'effet de marée sur la mesure gravimétrique enregistrée par le gravimètre CG5

H_i : Hauteur de l'instrument par rapport au niveau du sol ou de la glace (en mètres)

Correction pour la dérive instrumentale

Pour compenser la dérive instrumentale, reliée au mécanisme interne du gravimètre CG5, une dérive linéaire basée sur la différence de valeurs mesurées à la station de base entre le début et la fin d'un cycle d'acquisition a été

appliquée. Cette dérive est exprimée en mgals / unité de temps. Pour une mesure prise à l'intérieur du cycle d'acquisition, la valeur de la correction est donnée par la formule suivante :

$$\text{Cor}_{\text{der}} = \text{Dérive} * \text{Temps}$$

Cor_{der} : correction de dérive en mgals

Dérive : en mgals/unité de temps

Temps : temps depuis le début du cycle d'acquisition (heure décimale).

Cette valeur de correction est soustraite à la mesure de gravité corrigée pour la hauteur de l'instrument et pour l'effet de marée.

Calcul de la gravité absolue

La gravité absolue d'une station est calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$G_a = G_{b1} + (R_h - R_{b1}) - (T - T_{b1})D$$

G_a : Gravité absolue (en mgals)

G_{b1} : Gravité absolue de la station de base (en mgals)

R_h : Valeur mesurée de la gravité corrigée pour la hauteur de l'instrument à la station de mesure (en mgals)

R_{b1} : Valeur mesurée à la station de base (en mgals)

T : Heure de lecture à la station de mesure (en heure décimale)

T_{b1} : Heure de lecture de la station de base (en heure décimale)

D : Dérive instrumentale (en milligals / heure décimale)

Calcul de la gravité théorique (latitude)

Pour compenser l'effet de la latitude sur la valeur de la gravité mesurée à une station, l'équation suivante a été utilisée:

$$G_l = 978032,7 * (1 + 0,0053024 \sin^2(l) - 0,0000058 \sin^2(2l))$$

G_l : Gravité théorique en milligals (correction de latitude)

l : latitude géodésique de la station (à multiplier par \square / 180)

Cette correction résulte de la distorsion elliptique de la Terre reliée à sa rotation et en partie à la force centrifuge qui est maximale à l'équateur et nulle aux pôles. Entre l'équateur et le pôle nord, cette différence est de 5185,9 mgals.

Correction air libre (anomalie air libre)

L'attraction gravitationnelle diminue en fonction du carré de la distance verticale en s'élevant au dessus du niveau de la mer. Pour compenser ce phénomène, il faut appliquer une correction dite de l'air libre (*Free Air Effect*).

L'équation utilisée est la suivante :

$$G_{FA} = G_A - G_I + 0,308596 \cdot h_s$$

G_{FA} : Anomalie air libre (mgals)

G_A : Gravité absolue (mgals)

G_I : Correction de latitude (mgals)

h_s : Élévation de la station de mesure (en mètres)

Correction de Bouguer et anomalie de Bouguer

L'anomalie de Bouguer observée sur les cartes gravimétriques peut provenir de plusieurs sources. Par exemple, ces dernières peuvent être des structures très profondes associées à des variations d'élévation du socle métamorphique présent sous un bassin sédimentaire. Des structures ou des lithologies présentes à des profondeurs intermédiaires (telles que des évaporites) ou des corps intrusifs injectés dans un empilement de roches sédimentaires peuvent aussi produire des anomalies gravimétriques. Par ailleurs, dans de nombreux cas, des anomalies de plus faibles amplitudes peuvent être associées à des éléments de faible profondeur comme des variations de l'épaisseur de mort-terrain, localement associées à la présence de failles régionales. D'une façon prévisible, plus la source de l'anomalie est profonde et plus l'anomalie correspondante sera évasée.

L'équation générale suivante a été utilisée pour calculer l'anomalie de Bouguer. Cette formulation permet entre autres de tenir compte de l'effet de la glace et de l'épaisseur de la colonne d'eau lors d'un levé sur glace. Pour les levés terrestres, les valeurs de h_s et h_w ont été fixées à 0.

$$G_{ba} = G_{fa} - 0,0419088 * (\rho h_s + (\rho_w - \rho) h_w + (\rho_i - \rho_w) h_i)$$

G_{ba} : anomalie de Bouguer (mgals)

G_{fa} : anomalie air libre (mgals)

ρ : densité de Bouguer des roches (g/cc)

ρ_w : densité de Bouguer de l'eau douce (g/cc)

ρ_i : densité de Bouguer de la glace (g/cc)

h_s : élévation de la station de mesure (m)

h_w : profondeur de la colonne d'eau (m)

h_i : épaisseur de la glace (m)

Anomalie de Bouguer complète

Le calcul des valeurs de l'anomalie de Bouguer complète implique l'ajout d'une correction supplémentaire au calcul de l'anomalie de Bouguer. Cette correction, dite de terrain, tient en compte l'effet du relief régional sur les valeurs de gravité mesurées aux différentes stations. Par exemple, en bordure d'une haute chaîne de montagnes, la force de gravité d'une station située dans la plaine sera réduite par l'attraction reliée à la présence d'une importante masse de roches située en altitude. Pour minimiser cet effet, des programmes comme *Qctoolou Oasis Montaj* permettent de calculer l'effet du relief régional sur les valeurs de gravité régionales. Ces calculs sont basés sur l'obtention d'un modèle numérique de terrain adéquat et d'un ajustement judicieux de la densité des roches.

5.3. Résultats

Les données d'anomalie de Bouguer complète et d'élévation sont présentées sous la forme d'histogrammes à la **figure 7**. Les données altimétriques, mesurées aux différentes stations gravimétriques, varient de 225 à 500 mètres. Dans le périmètre du levé gravimétrique, la distribution des données altimétriques est multimodale avec des maxima situés à 320, 375 et 425 m. Dans l'ensemble, les plus basses altitudes sont observées aux extrémités sud-ouest et nord-est du périmètre du levé.

Les données d'anomalie de Bouguer complète montrent une variabilité se rapprochant d'une distribution normale. Ceci démontre l'efficacité des corrections

gravimétriques apportées aux données brutes pour compenser l'effet altimétrique. Dans l'ensemble ces données varient de -50 à -41 mgals. Cette variabilité est compatible avec les valeurs gravimétriques rapportées sur les cartes gravimétriques de la Commission géologique du Canada pour cette partie du Québec et le nord du Nouveau-Brunswick.

Lors des travaux de terrain, un grand nombre d'affleurements rocheux a été observé dans les hauts topographiques et une proportion moins importante d'affleurements dans les creux topographiques. Ceci pourrait suggérer une épaisseur plus importante de dépôts glaciaires et des alluvions dans les dépressions topographiques régionales. Ces matériaux d'une densité de l'ordre de 2 g/cm^3 par opposition à $2,6 \text{ g/cm}^3$ pour les roches sédimentaires siliciclastiques de la région pourraient expliquer une partie des faibles valeurs de gravité observées dans la région. Toutefois, par de simples calculs, il est possible de montrer qu'il faut une accumulation de 50 m de dépôts glaciaires pour diminuer de 1,5 mgal les valeurs de l'anomalie de Bouguer. D'aussi fortes épaisseurs de dépôts quaternaires sont rarement observées dans les secteurs de la ZEC Owen et de la réserve faunique de Rimouski. Malgré ces constats sur les caractéristiques des roches et des dépôts de surface, la variabilité spatiale des données de l'anomalie de Bouguer complète est fort importante. Ceci implique, entre autres, des contrastes de densité entre les roches de surface et celles présentes sous la nappe de roches dévoniennes.

Compte tenu de la faible quantité d'affleurements rocheux dans la réserve faunique de Rimouski, et ce malgré une faible couverture quaternaire, le levé gravimétrique a été effectué en mode continu (échantillonnage régulier). L'interprétation des données tient compte de la possibilité qu'un épaissement local des dépôts quaternaires puisse être présent dans certaines dépressions topographiques, ce qui peut réduire les valeurs de l'anomalie de Bouguer.

Propriété Témiscouata (secteur Réserve faunique de Rimouski)

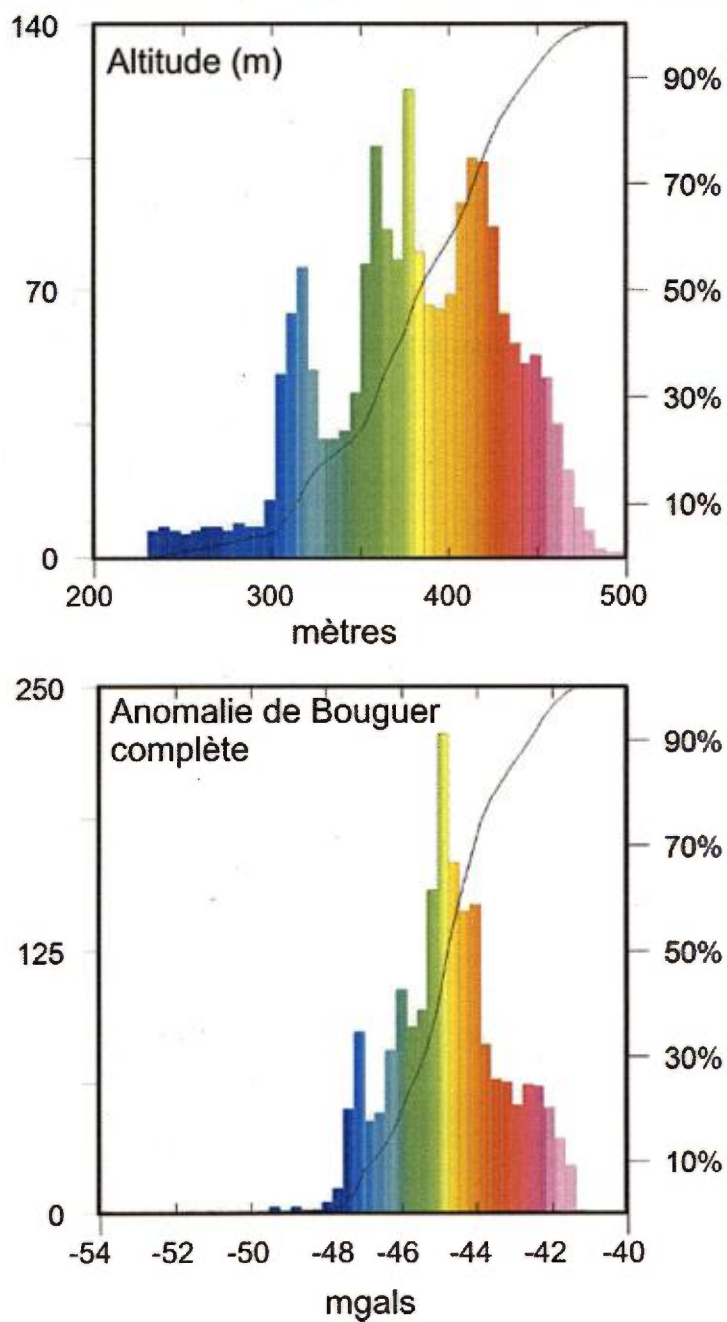


Figure 7. Histogrammes des données d'élévation et d'anomalie de Bouguer complète des stations gravimétriques mesurées dans le secteur de la réserve faunique de Rimouski.

5.3.1. Données altimétriques

Les données altimétriques, mesurées à l'aide du système GPS RTK ProMark-500 de Magellan, sont présentées sous la forme d'une carte altimétrique (**figure 8**). Cette carte n'est pas de type topographique car la répartition spatiale des stations de mesure est insuffisante par rapport à la superficie du terrain. Toutefois, la variabilité observée est représentative des principaux contrastes géomorphologiques observés dans cette partie de la réserve faunique de Rimouski. La partie centrale de la carte souligne la présence de hautes collines bordées vers le sud-ouest et le nord-est par des dépressions topographiques régionales (ex. bassins versants des lacs Rimouski et Biencourt). Ces dernières sont orientées perpendiculairement aux principales formations géologiques appalachiennes.

Propriété Témiscouata (secteur Réserve faunique de Rimouski)

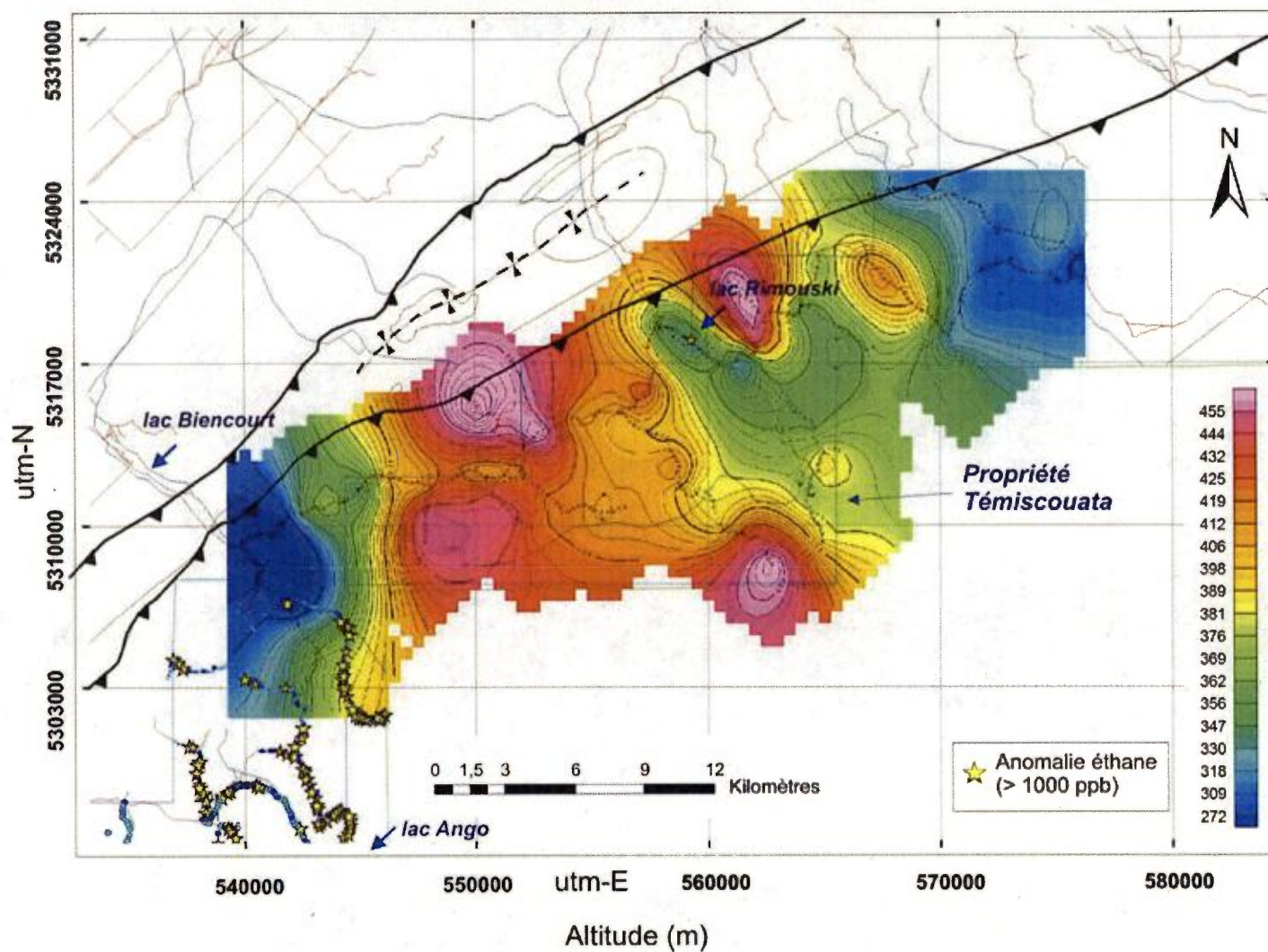


Figure 8. Carte altimétrique régionale obtenue à partir des données GPS-RTK mesurées aux stations gravimétriques. La position des stations gravimétriques est indiquée par de petits cercles noirs. Les données altimétriques sont en mètres.

Le modèle numérique de terrain montre les principaux éléments altimétriques du périmètre d'étude (**figure 9**). Une dépression topographique orientée SO-NE est interprétée comme la trace d'une faille présumée. Cette dernière semble associée à la présence de nombreuses valeurs anomaliques en éthane, mesurées dans les sols de la propriété lors des levés soil gas. Plusieurs de ces anomalies sont d'ailleurs situées le long de la dépression topographique associée au bassin versant du lac Biencourt (**figure 9**).

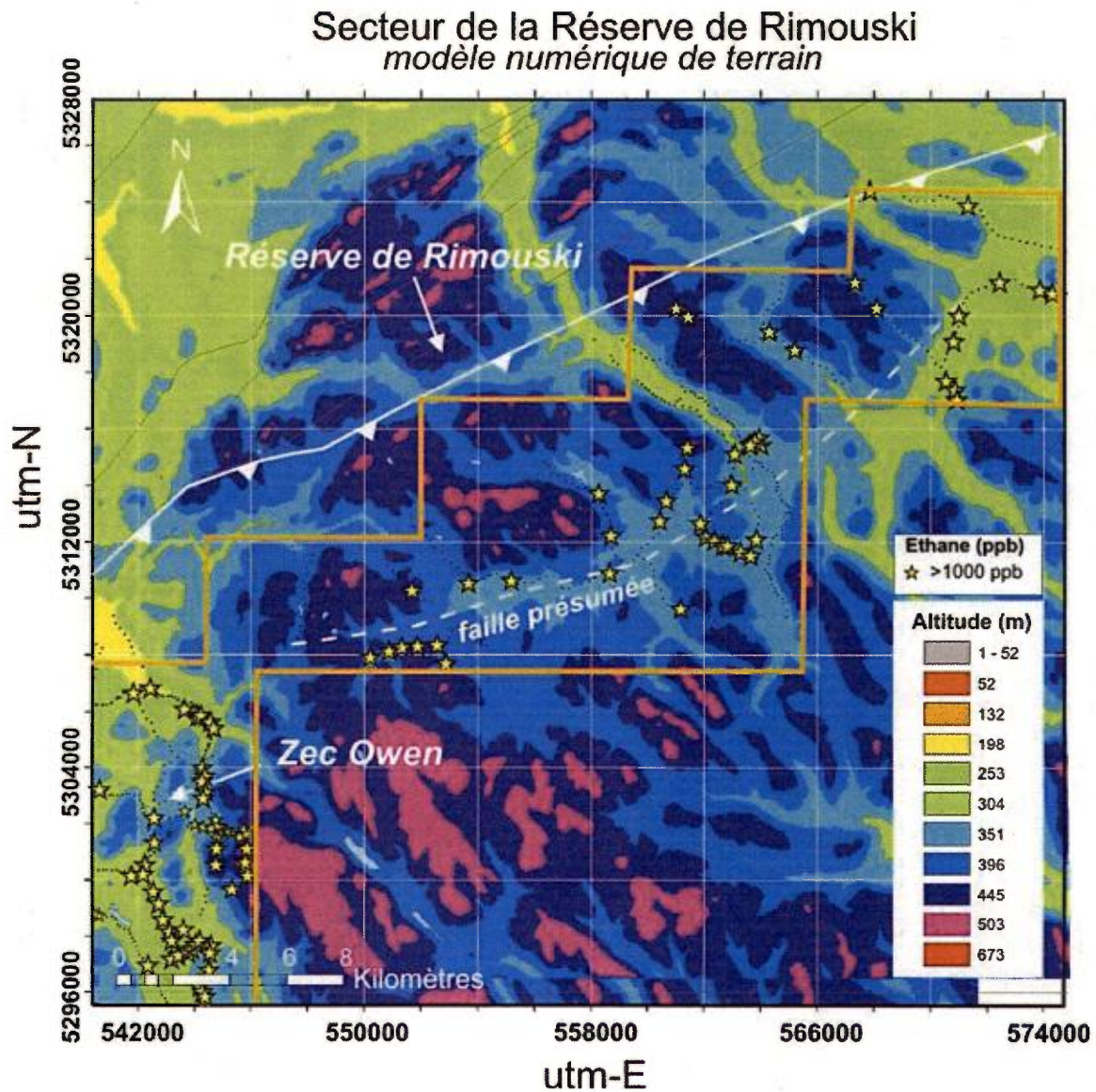


Figure 9. Modèle numérique de terrain de la partie sud de la réserve faunique de Rimouski et d'une partie de la Zec Owen. La position des stations gravimétriques est indiquée par de petits cercles noirs. Les échantillons de soil gas pour lesquels des valeurs anomaliques en éthane (>1000 ppb) ont été obtenues sont indiqués par des étoiles.

5.3.2. Anomalie air libre

Les données de l'anomalie air libre sont des valeurs gravimétriques corrigées pour la correction de latitude (gravité théorique) et surtout pour l'élévation de la station de mesure par rapport au niveau de la mer. Compte tenu que l'attraction gravitationnelle diminue en fonction du carré de la distance verticale en s'élevant au-dessus du niveau de la mer, cette correction est fondamentale dans le traitement de données gravimétriques. Ces données ne sont toutefois pas corrigées pour tenir compte de la densité des matériaux.

Dans le périmètre étudié, les valeurs de l'anomalie air libre varient de -20,9 à 11,37 mgals et la moyenne est de -3,2 mgals. La variabilité spatiale des valeurs de l'anomalie air libre est semblable à celle de la topographie (élévation) (**figures 8 et 10**). Les secteurs montagneux sont donc caractérisés par des valeurs relativement élevées de l'anomalie air libre. À l'opposé, les valeurs de l'anomalie air libre observées en bordure des lacs Biencourt et Rimouski sont systématiquement plus faibles.

5.3.3. Anomalie de Bouguer complète et correction de terrain

Correction de terrain. La correction de terrain est obtenue à partir d'un modèle numérique de terrain (*MNT ou DEM*) subdivisant la région en un grand nombre de polygones. Pour les différents polygones, on calcul un terme correctif qui, lorsqu' intégré dans un rayon d'influence (ex. de 500m à 20 km), sera la correction de terrain appliquée à une station de mesure.

Pour chacune des stations gravimétriques, le modèle compense pour l'effet de terrain (effet topographique local). Dans le cas de la partie est de propriété Témiscouata, cette correction est variable et généralement d'amplitude modérée par rapport à la variabilité des données gravimétriques observées. Pour la partie sud de la réserve faunique de Rimouski, la correction de terrain varie de 0,03 à 0,45 mgals pour une moyenne de 0,11 mgals.

La **figure 11** montre la variabilité spatiale des valeurs de correction de terrain appliquées aux données gravimétriques mesurées sur le terrain. L'intensité du terme correctif est évidemment fortement corrélée aux principaux éléments topographiques de la région.

Propriété Témiscouata (secteur Réserve faunique de Rimouski)

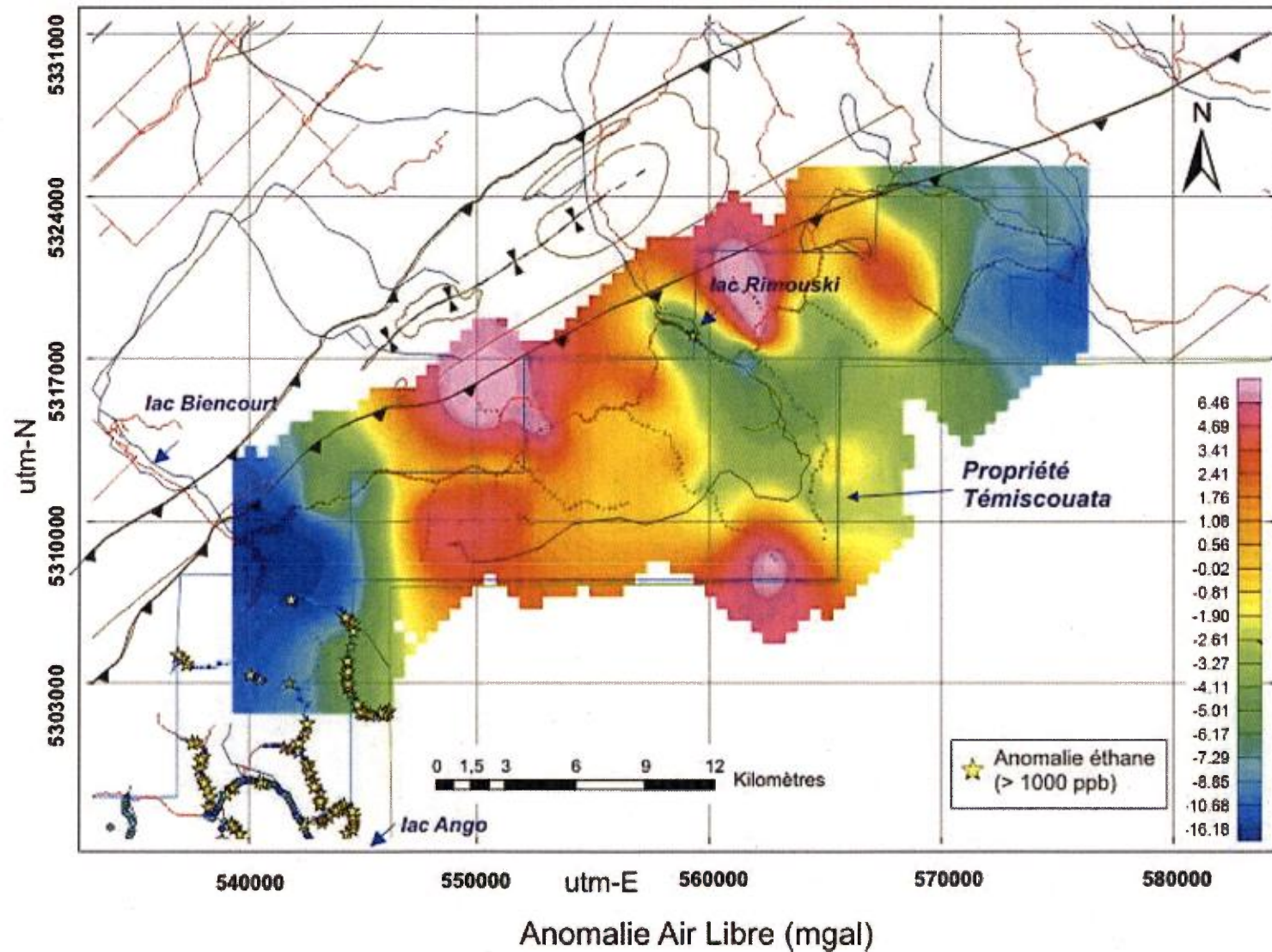


Figure 10. Carte montrant la distribution spatiale des données calculées de l'anomalie air libre. Données interpolées par krigeage.

Propriété Témiscouata (secteur Réserve faunique de Rimouski)

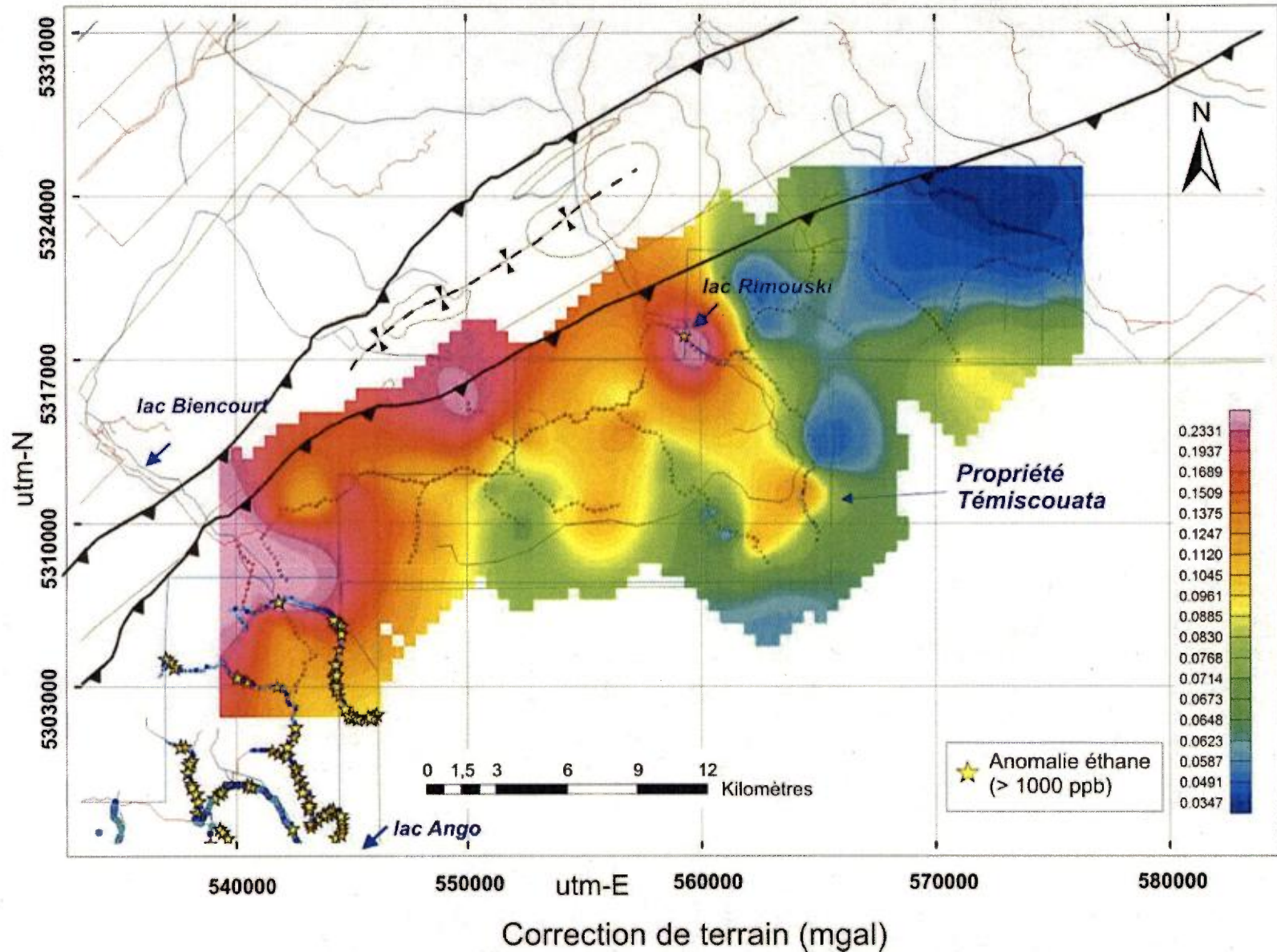


Figure 11. Carte montrant la distribution spatiale des données de correction de terrain. Données interpolées par krigeage.

Valeurs de l'anomalie de Bouguer complète. Les données de l'anomalie de Bouguer complète varient de -41,35 à -47,59 mgals et la moyenne est de -44,73 mgals. La carte de l'anomalie de Bouguer complète (**figure 12**) montre une variabilité spatiale beaucoup mieux organisée que pour l'anomalie air libre (**figure 11**). Les valeurs de l'anomalie de Bouguer complète augmentent rapidement du sud-ouest vers le nord-est, les plus faibles valeurs étant observées dans la partie sud-ouest du périmètre étudié (**figure 12**).

L'essentiel de la variabilité observée dans le périmètre du levé suggère des contrastes de densité des roches présentes en surface et en profondeur. Notez la présence de faibles valeurs de l'anomalie de Bouguer complète dans le secteur du lac Ango de la ZEC Owen (**figure 12**). Cette anomalie régionale s'étend dans la partie sud de la réserve faunique de Rimouski sur une distance de plus de 10 km.

L'imposant creux gravimétrique observé ne peut s'expliquer par un simple épaissement de la couverture de dépôts glaciaires (et d'alluvions récentes) car les observations cartographiques indiquent la présence de nombreux affleurements rocheux dans ce secteur. La carte de la **figure 12** montre également la présence d'une forte variabilité des valeurs de l'anomalie de Bouguer complète à l'intérieur de la Formation de Témiscouata. Cette variabilité ne peut s'expliquer par les observations géologiques de surface, relativement monotone dans ce secteur (alternance de mudstones et siltstones). Ceci suggère la présence de forts contrastes de densité dans les unités géologiques enfouies sous la nappe de roches dévoniennes.

La relation spatiale entre les anomalies en gaz naturel mesurées dans les sols (indiquées par les valeurs d'éthane supérieures à 1000 ppb) et le domaine à faibles valeurs d'anomalie de Bouguer complète suggère une relation de causalité, qui souligne vraisemblablement la présence d'unités géologiques de plus faibles densités localement présentes sous la nappe de roches dévoniennes de la Formation de Témiscouata. Il est possible que ces formations géologiques contiennent des unités de grès et de calcaires récifaux siluro-dévoiens semblables à ceux qui affleurent localement dans la ZEC Owen.

Levé gravimétrique (Réserve de Rimouski)
carte des valeurs krigées de l'anomalie de Bouguer

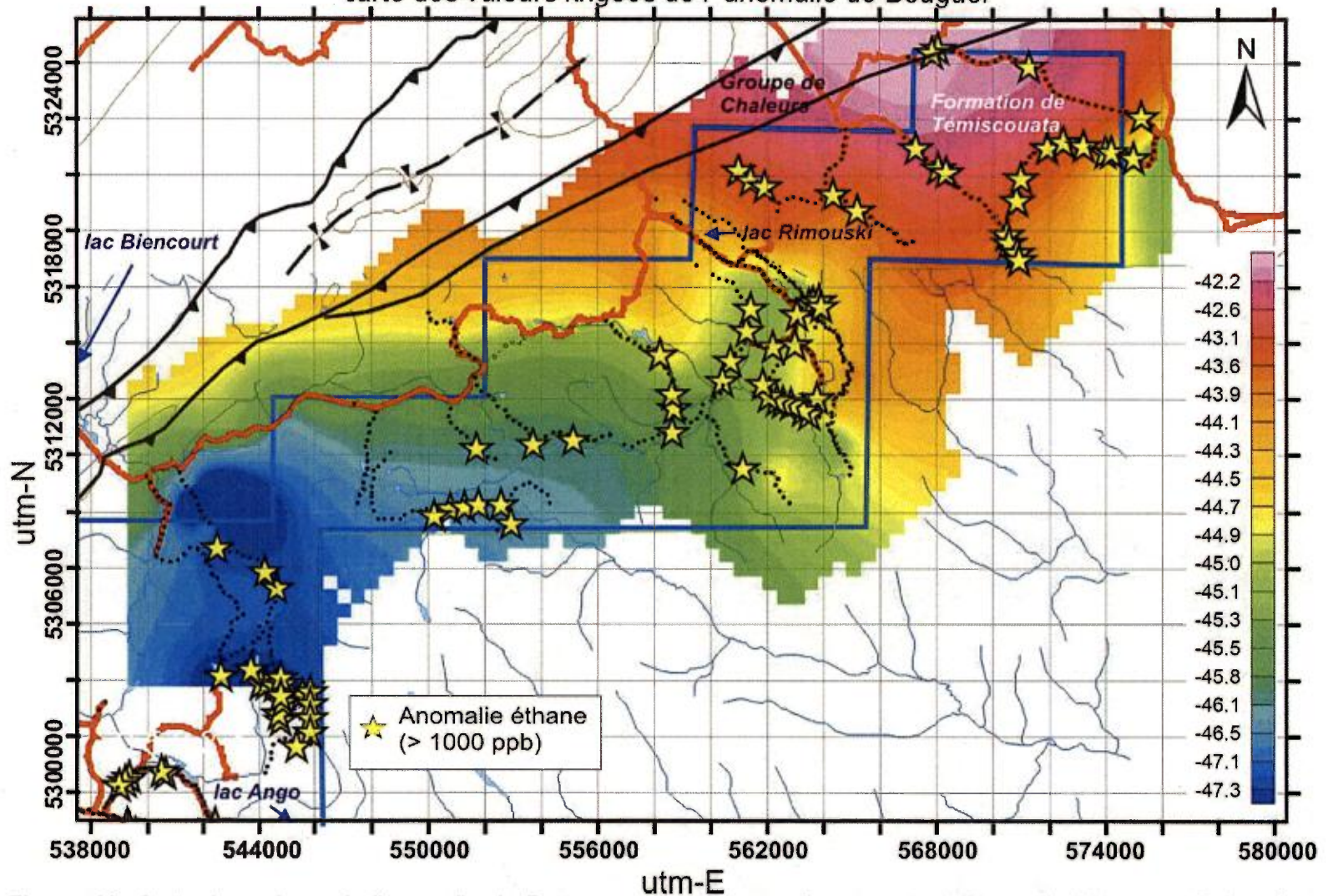


Figure 12. Carte des valeurs de l'anomalie de Bouguer – données acquises lors du levé gravimétrique mené dans la réserve de Rimouski en 2011. Les étoiles indiquent la localisation des échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1 000 ppb.

5.3.4 Continuité verticale vers le haut des valeurs de l'anomalie de Bouguer complète

La transformation des données de l'anomalie de Bouguer complète par la méthode de continuation verticale vers le haut est une méthode utilisée pour l'exploration pétrolière et aussi pour plusieurs autres applications en géophysique. La continuation verticale vers le haut permet de rehausser la réponse de sources situées en profondeur (Jacobsen, 1987). Cette méthode permet de se rapprocher d'un niveau d'observation le plus près possible de la source responsable de l'anomalie de gravité. Pour ce faire, il faut d'abord éliminer les anomalies de hautes fréquences. Afin de procéder aux calculs de continuité verticale vers le haut nous avons appliqué un filtre passe haut de type Butterworth. Cette procédure permet d'éliminer des perturbations très locales reliées à la présence de petites masses de roches anomaliques présentes à faibles profondeurs (ex. Reeh et Aïfa, 2008).

Dans le cas présent, nous avons sélectionné des prolongations vers le haut de 1000 et 3000 m (**figures 13 et 14**). Les prolongations de 1000 et 3000 m produisent des cartes de valeurs d'anomalie de Bouguer complète d'apparence plus régulière avec un contact est-ouest entre les domaines de faibles et hautes valeurs d'anomalie de Bouguer complète. Notez que ce contact n'est pas parallèle au grain tectonique appalachien qui est généralement SO-NE dans la région. Ceci reflète probablement une structuration antérieure à la mise en place des nappes acadiennes.

Ces cartes suggèrent fortement la présence de roches sédimentaires (plus anciennes et) moins denses situées en profondeur sous la nappe de roches dévoniennes. Le contact est-ouest n'est pas associé à une faille particulière, observable à partir de la surface. Notons qu'il est probable que le domaine des faibles valeurs d'anomalie de Bouguer (en bleu sur les cartes) corresponde aux meilleures zones de prospection pour la recherche d'hydrocarbures dans le secteur de la réserve faunique de Rimouski.

Propriété Témiscouata (secteur Réserve faunique de Rimouski)

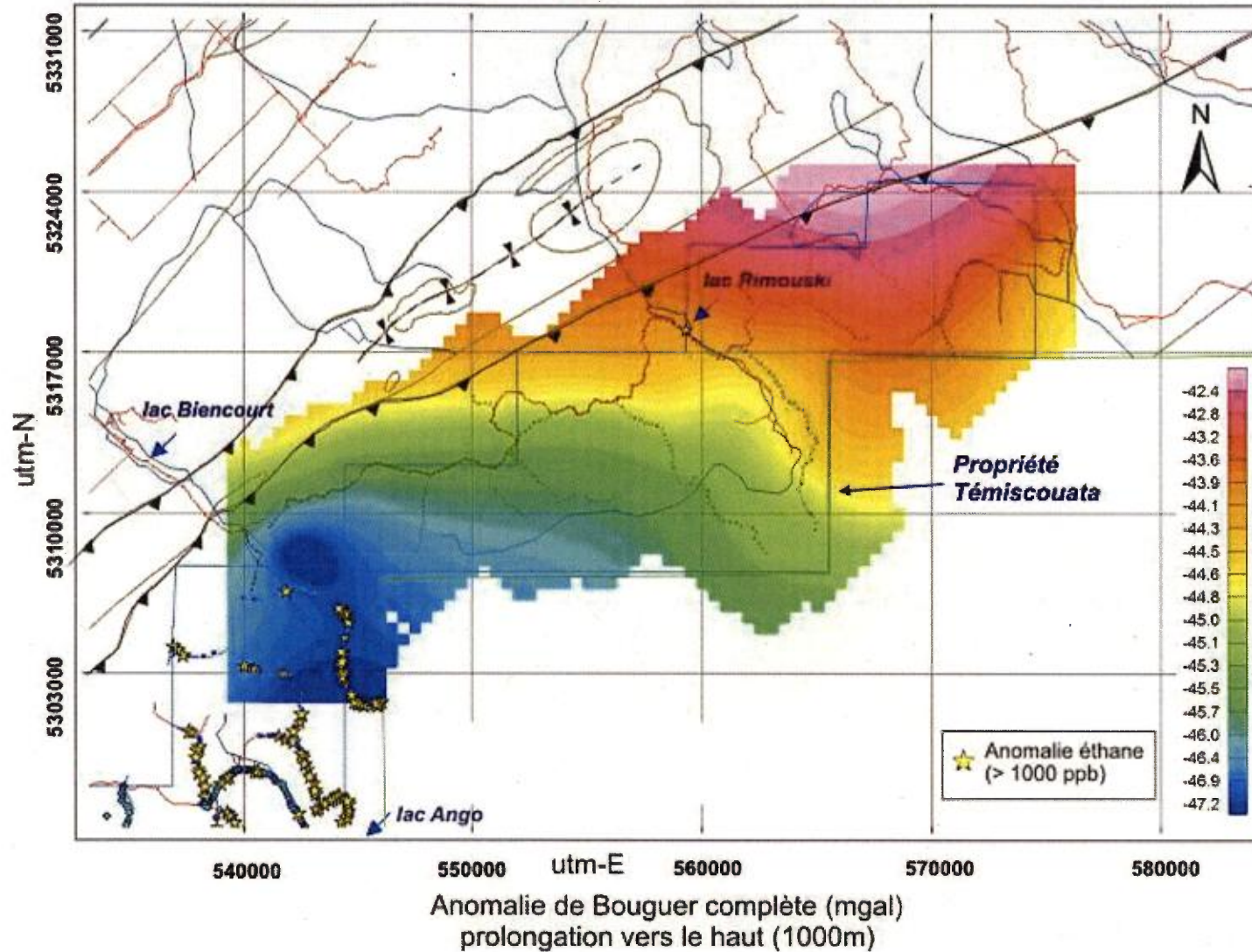


Figure 13. Carte montrant la distribution spatiale des valeurs de l'anomalie de Bouguer complète filtrées (filtre Butterworth) et modélisées pour une continuité verticale vers le haut de 1000 m. Les étoiles colorées correspondent aux valeurs d'éthane > 1000 ppb mesurées dans les sols.

Propriété Témiscouata (secteur Réserve faunique de Rimouski)

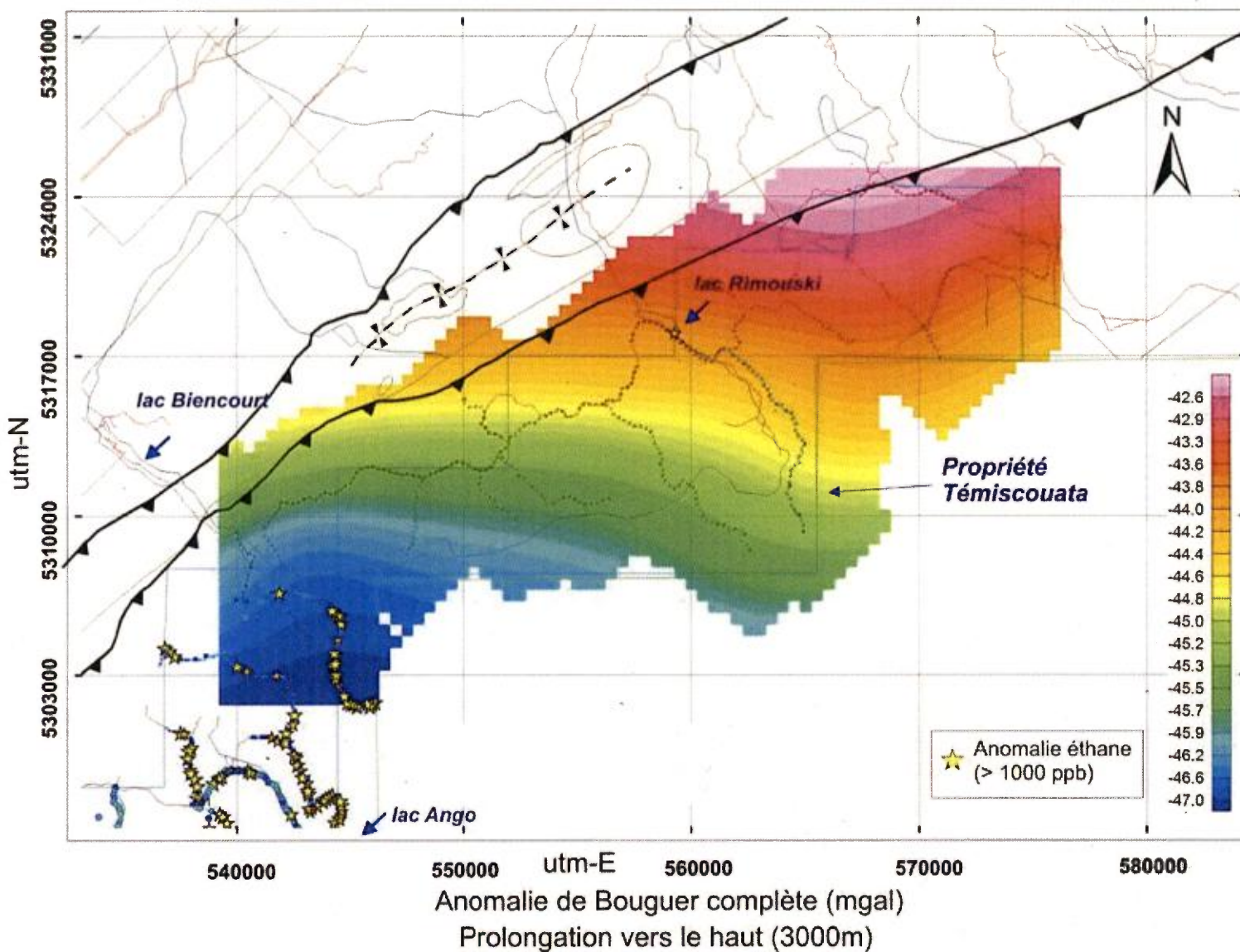


Figure 14. Carte montrant la distribution spatiale des valeurs de l'anomalie de Bouguer complète filtrées (filtre passe haut Butterworth) et modélisées pour une continuité verticale vers le haut de 3000m. Les étoiles colorées correspondent aux valeurs d'éthane > 1000 ppb mesurées dans les sols.

5.3.5. Anomalie de Bouguer complète (intégration verticale)

La méthode de l'intégration verticale permet de transformer les données gravimétriques afin de souligner les grandes structures régionales responsables des anomalies de basses fréquences observées sur les cartes des valeurs de l'anomalie de Bouguer complète. Mathématiquement, cette transformation des données est l'inverse de la dérivée verticale.

Dans le cas présent, l'intégration verticale permet de souligner la présence de trois domaines gravimétriques dans la partie sud de la réserve faunique de Rimouski (**figure 15**): (i) un haut gravimétrique présent à l'est du secteur du lac Rimouski, (ii) une forte dépression gravimétrique (en bleu sur la carte) située dans la partie sud-ouest du périmètre étudié et (iii) un domaine situé à l'extrémité nord-est du périmètre montrant également la présence d'un creux gravimétrique. Ce nouveau domaine devrait également faire l'objet d'une attention particulière pour l'exploration des hydrocarbures.

La **figure 16** présente une carte régionale de l'intégration verticale des données de l'anomalie de Bouguer pour l'ensemble des données gravimétriques mesurées pour Mines JAG ltée. La carte souligne l'importance du creux gravimétrique central situé entre St-Eusèbe et la Zec Owen. Notons que les anomalies en hydrocarbures C1-C4 détectées dans les sols de la région semblent se concentrer aux extrémités SO et NE de ce creux gravimétrique régional.

5.3.6. Anomalie de Bouguer complète (dérivée verticale)

La dérivée verticale appliquée à des données de champ potentiel (ex. Blakely, 1996) est une méthode utile pour distinguer les effets reliés à la présence de masses locales incluses dans des données régionales (ex. Jorgensen, 2004; Aydemir et Abdullah, 2008). Notez qu'en gravimétrie, l'effet de petites masses ponctuelles est souvent masqué par la réponse de larges masses régionales. La dérivée verticale première permet de cerner la présence d'anomalies régionales le plus souvent profondes et la dérivée seconde permet de localiser et d'accentuer la présence d'anomalies reliées à des sources relativement peu profondes (ex. **Robinson and Silvia, 1981**).

La **figure 17** présente le résultat du calcul de la dérivée verticale première pour les valeurs d'anomalie de Bouguer complète. Cette carte montre la présence de contacts plus nets entre les hauts et les creux gravimétriques. Les valeurs de la dérivée verticale indiquent la présence des creux gravimétriques dans les secteurs des lacs Ango et Rimouski. Pour le lac Rimouski, il est probable qu'une partie du creux gravimétrique soit reliée à la présence d'anciennes alluvions et de sédiments quaternaires. Ceci devrait être vérifié par tomographie géoélectrique ou par sismique réfraction.

Propriété Témiscouata (secteur Réserve faunique de Rimouski)

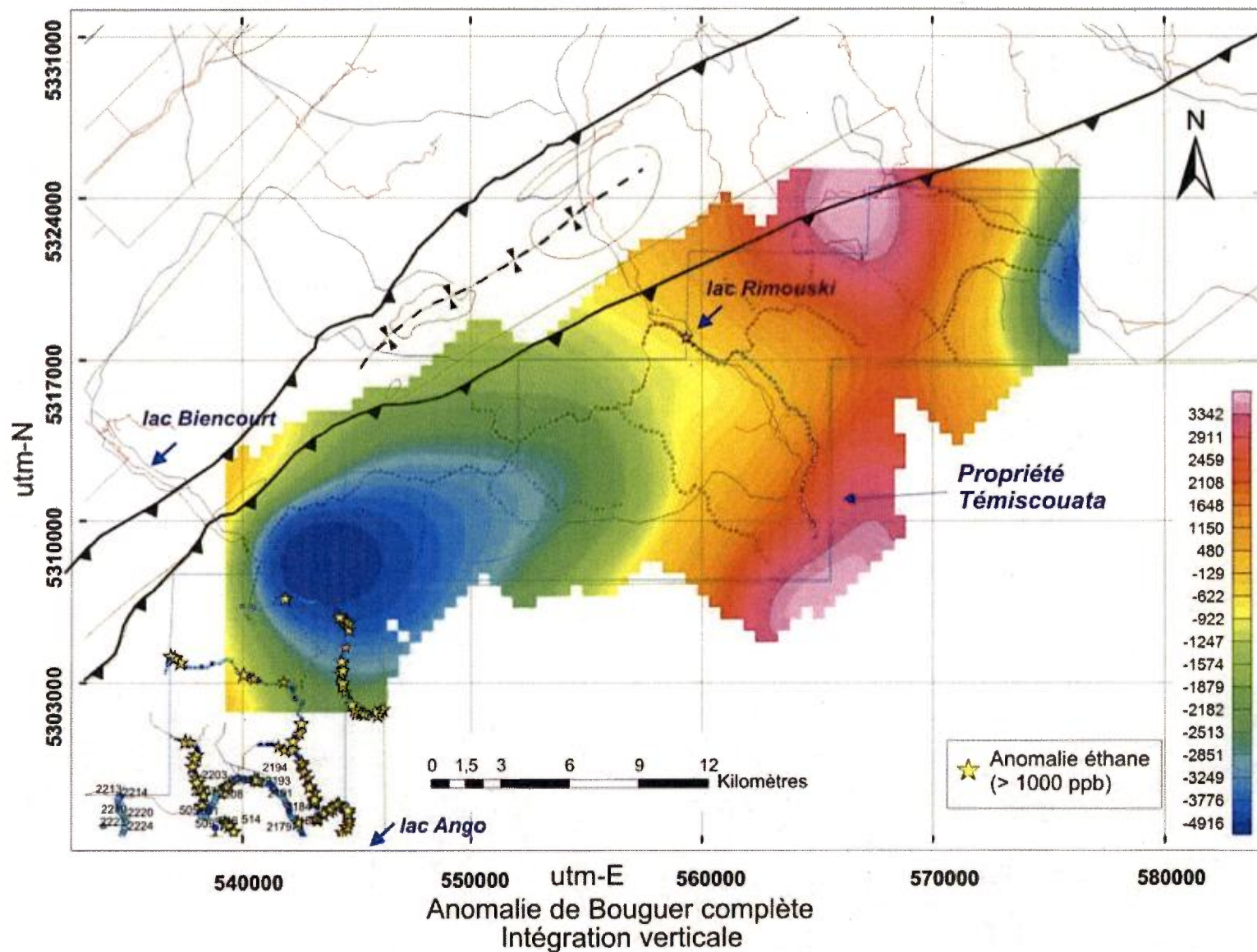


Figure 15. Carte des valeurs d'intégration verticale des données d'anomalie de Bouguer complète mesurées dans la partie sud de la réserve faunique de Rimouski.

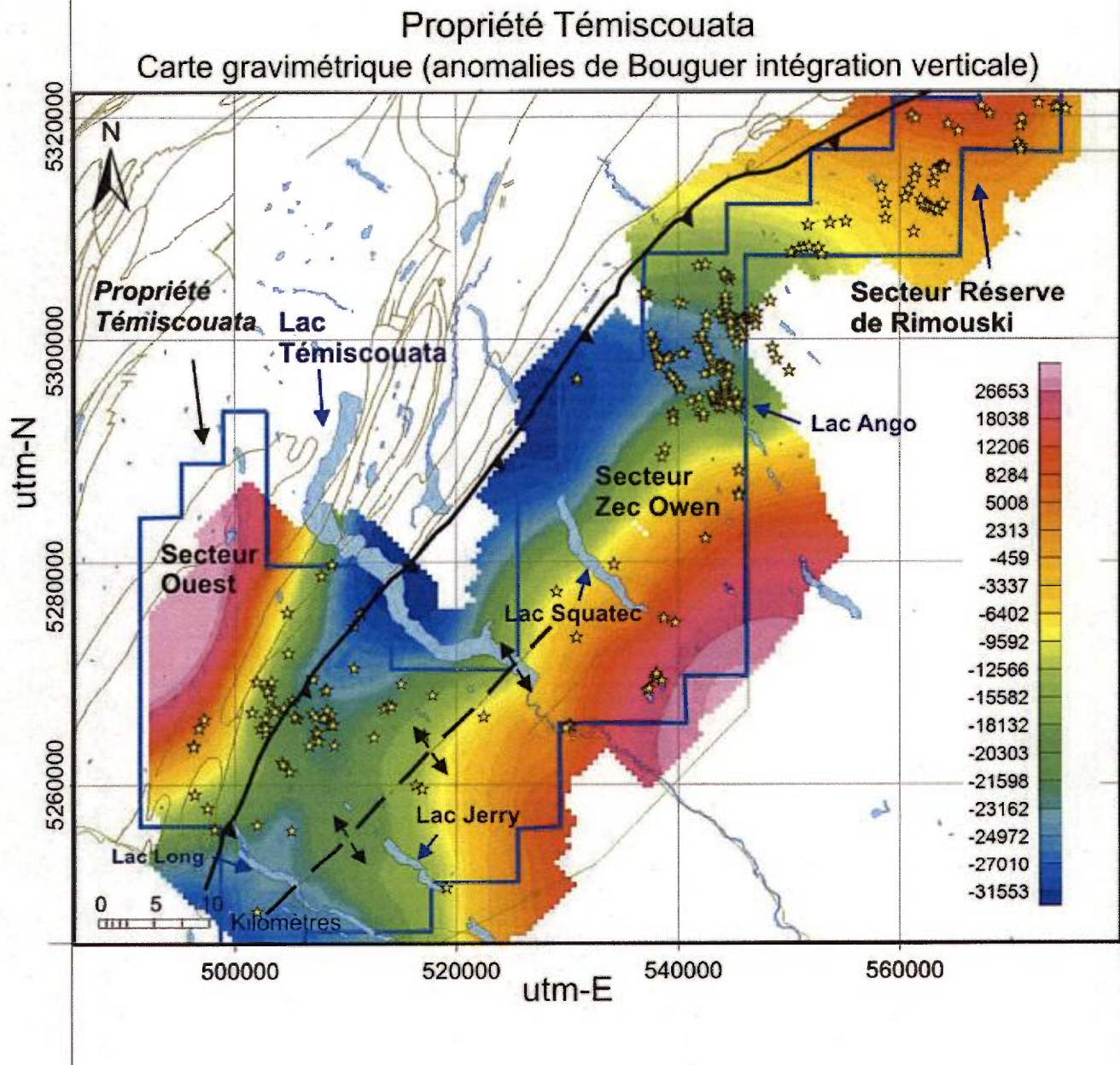


Figure 16. Carte des valeurs d'intégration verticale de l'anomalie de Bouguer complète des levés gravimétriques de 2008 à 2011. Les étoiles indiquent la localisation des échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1 000 ppb.

Propriété Témiscouata (secteur Réserve faunique de Rimouski)

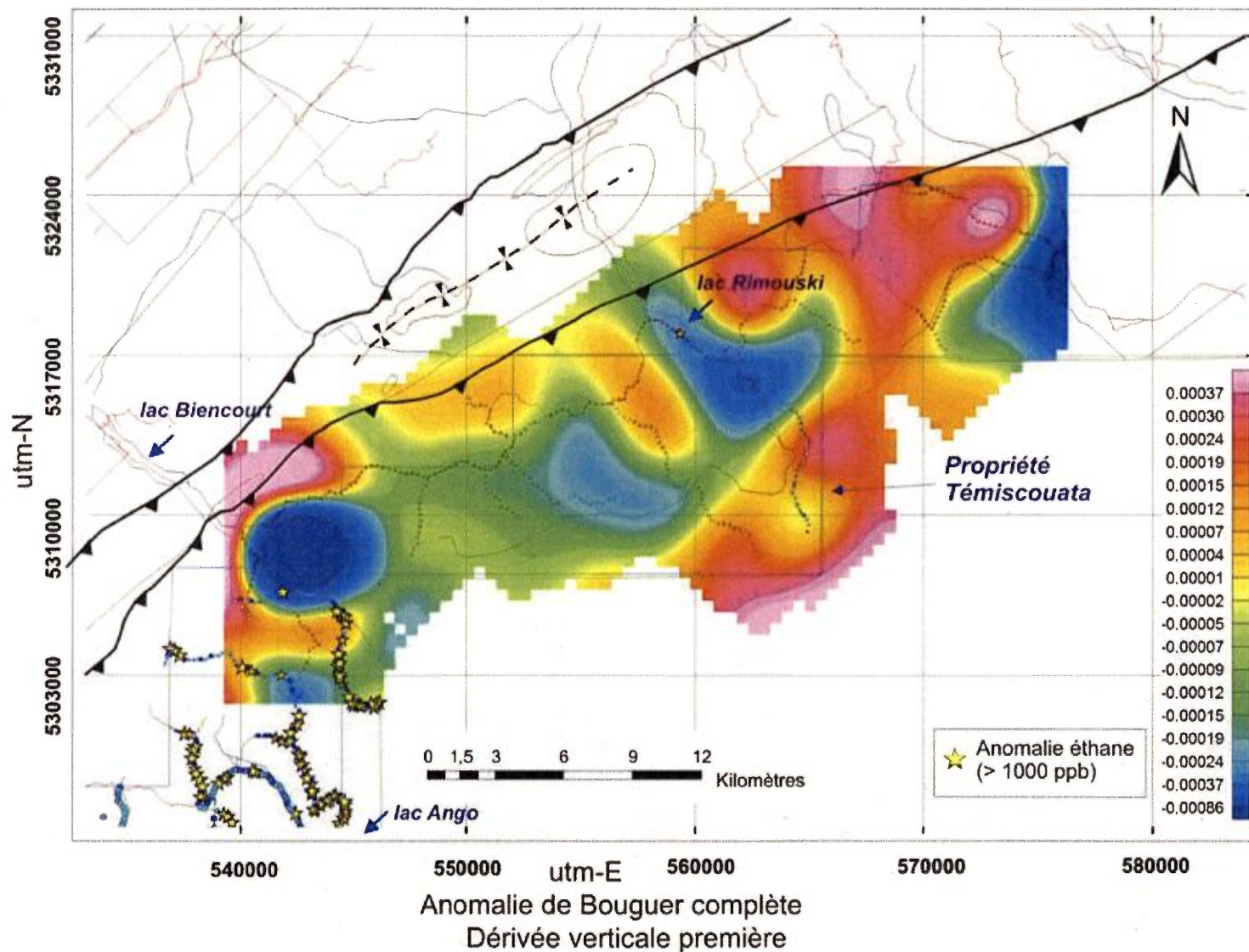


Figure 17. Carte des valeurs de la dérivée verticale première calculées à partir de la grille des données de l'anomalie de Bouguer complète.

5.3.7. Anomalie de Bouguer complète (*Tilt dérivative*)

La technique du *Tilt dérivative* est une méthode de transformation des données qui est fort utile pour mettre en évidence des structures du socle rocheux relativement peu profondes et aussi certaines cibles d'exploration. Cette transformation met en relation le rapport entre la dérivée verticale première (Z) et le total des dérivées horizontales (X et Y).

La carte de la **figure 18** montre sensiblement les mêmes éléments que la carte de dérivée verticale première de la **figure 17**. Les surfaces occupées par les dépressions gravimétriques associées aux bassins versants des principaux lacs sont toutefois plus importantes. La carte de la **figure 18** montre également une meilleure corrélation entre les dépressions gravimétriques et la présence des anomalies en éthane détectées dans les sols. On croit qu'il est possible que le domaine de faibles valeurs du *tilt derivative* (représenté en bleu sur la carte) soit associé en partie à la présence d'une faille non répertoriée sur la carte géologique du MRNF du Québec. Notons d'ailleurs qu'une dépression topographique occupe une partie de ce domaine (**figure 19**).

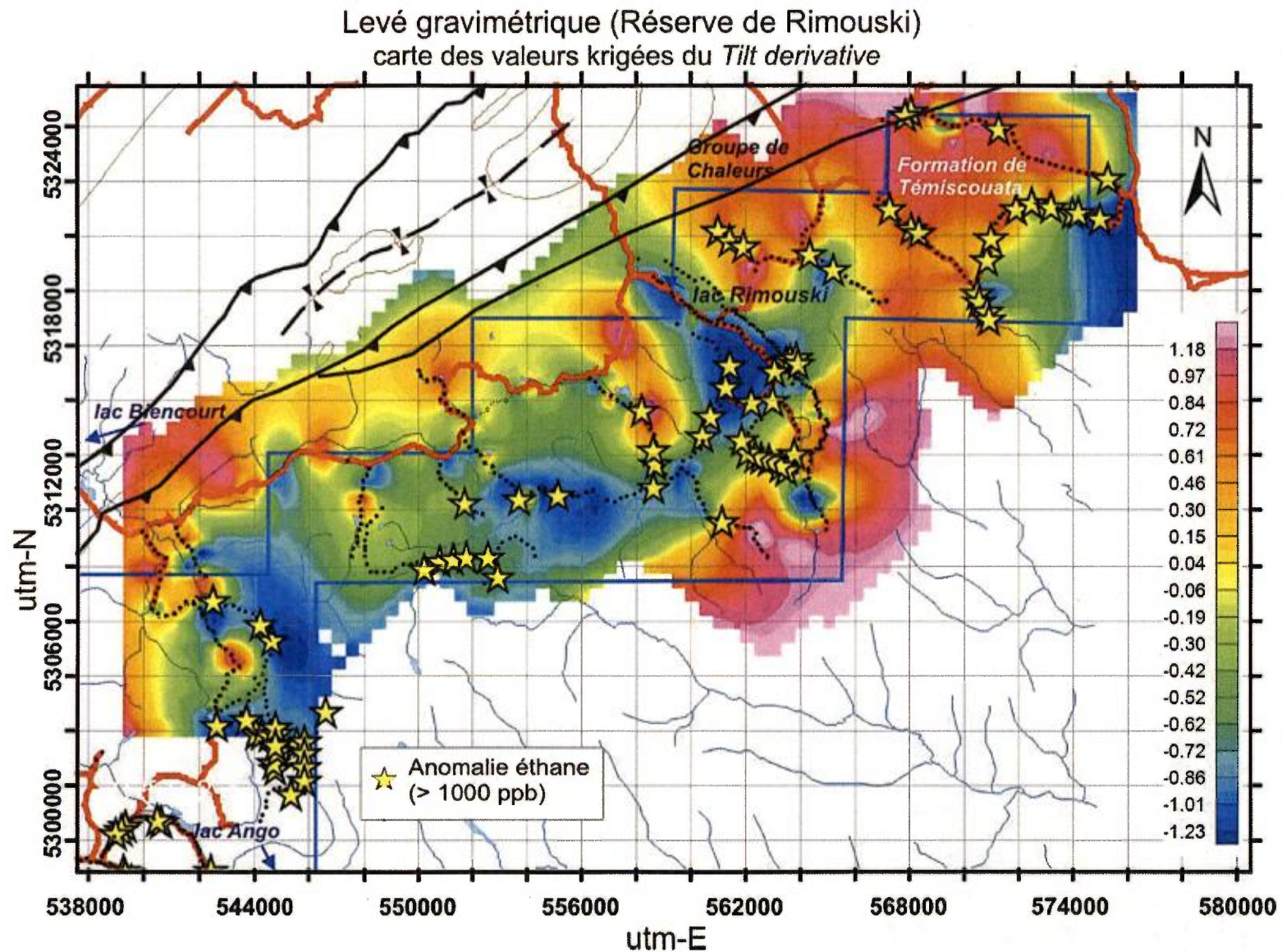


Figure 18. Carte des valeurs du *tilt derivative* de l'anomalie de Bouguer interpolées par krigage – données acquises lors du levé gravimétrique mené dans la réserve de Rimouski en 2011. Les étoiles indiquent la localisation des échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1 000 ppb.

Secteur de la Réserve de Rimouski *modèle numérique de terrain*

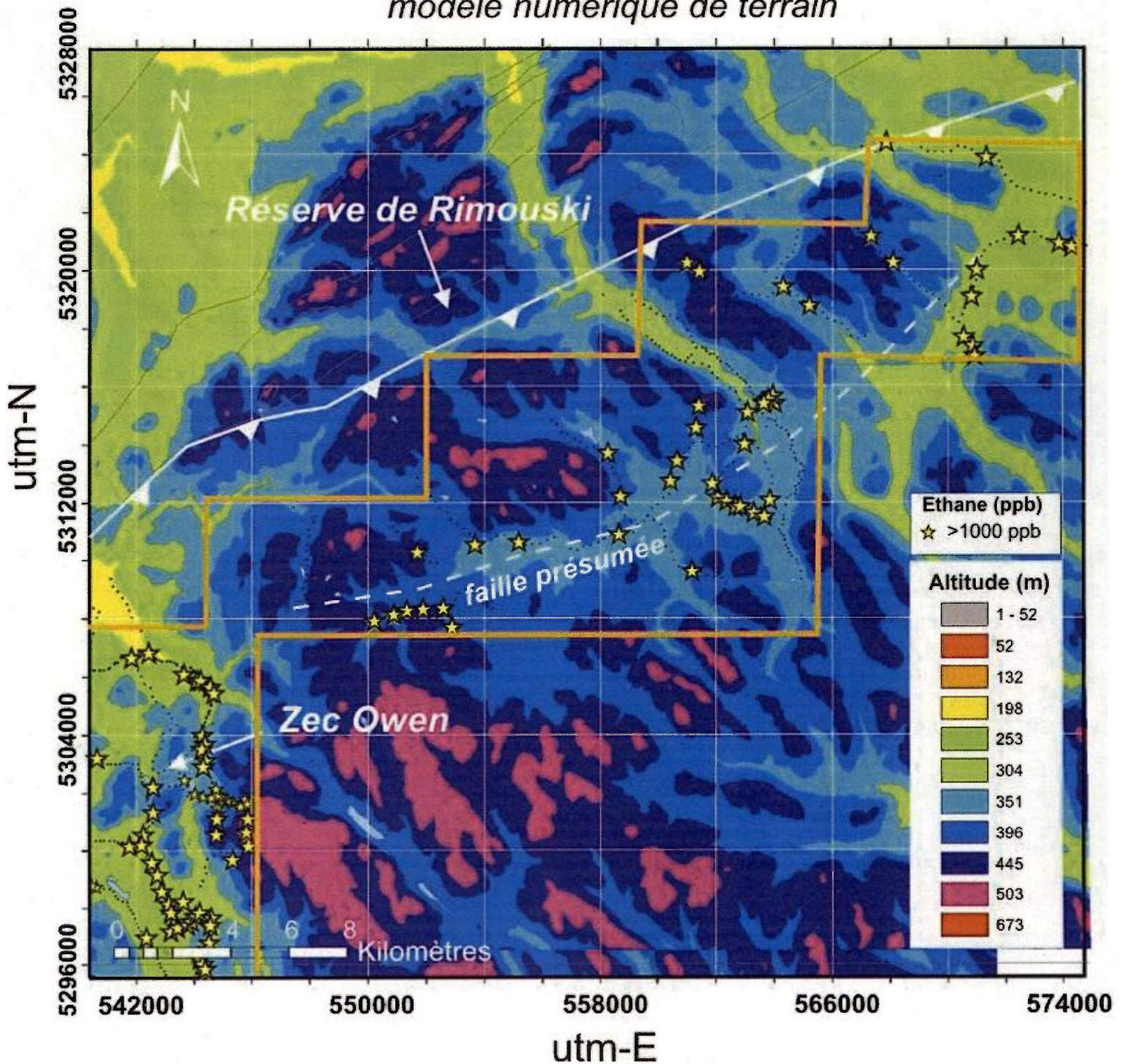



Figure 19. Modèle numérique de terrain calculé à partir des données de la Commission géologique du Canada. Les étoiles correspondent aux échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1000 ppb. Le tracé de la faille présumée a été dessiné sur la carte.

6. DISCUSSION

La distribution régionale des valeurs de l'anomalie de Bouguer sur la propriété Témiscouata, acquises au cours des levés de 2009, 2010 et 2011, permet d'identifier de grands domaines plurikilométriques s'étendant de part et d'autre du lac Témiscouata. Deux hauts gravimétriques situés aux extrémités NO (région de St-Louis-du-Ha-Ha) et SE de la région (région de Dégelis) sont représentés sur les **figures 20 et 21**. Ces hauts gravimétriques ne semblent pas restreints à des domaines lithologiques particuliers, puisqu'en surface les roches cambro-ordoviciennes situées au NO, tout comme les roches dévoniennes situées au SE, sont d'origine sédimentaire. Par contre, ces hauts gravimétriques pourraient être expliqués par la présence du socle précambrien en profondeur. Bien que cette hypothèse n'ait pas encore été vérifiée, il est possible que les deux hauts gravimétriques séparés par un important creux gravimétrique soient associés à un environnement tectonique de type horst et graben, antérieur à la mise en place des nappes tectoniques acadiennes. Ainsi, il est possible que le creux gravimétrique régional puisse correspondre à la zone de subsidence maximale d'un ancien bassin sédimentaire caractérisé par une importante accumulation de roches sédimentaires (et pourquoi pas, par des roches de la plateforme ordovicienne).

Par ailleurs, notons que la vaste majorité des anomalies de gaz naturel mesurées dans les sols de la propriété, lors des levés soil gas menés par JAG, ont été observées dans les secteurs situés au-dessus des creux gravimétriques (**figure 21**) et que ce phénomène est plus particulièrement évident à proximité du village de St-Eusèbe (partie ouest de la propriété), dans la partie nord du lac Long et dans le secteur du lac Ango (ZEC Owen, partie est).

Complété à Québec, le 20 septembre 2011.



Marc Richer-Lafleche, géo.
No. permis : 1055

Propriété Témiscouata

Carte gravimétrique (anomalies de Bouguer filtre Butterworth)

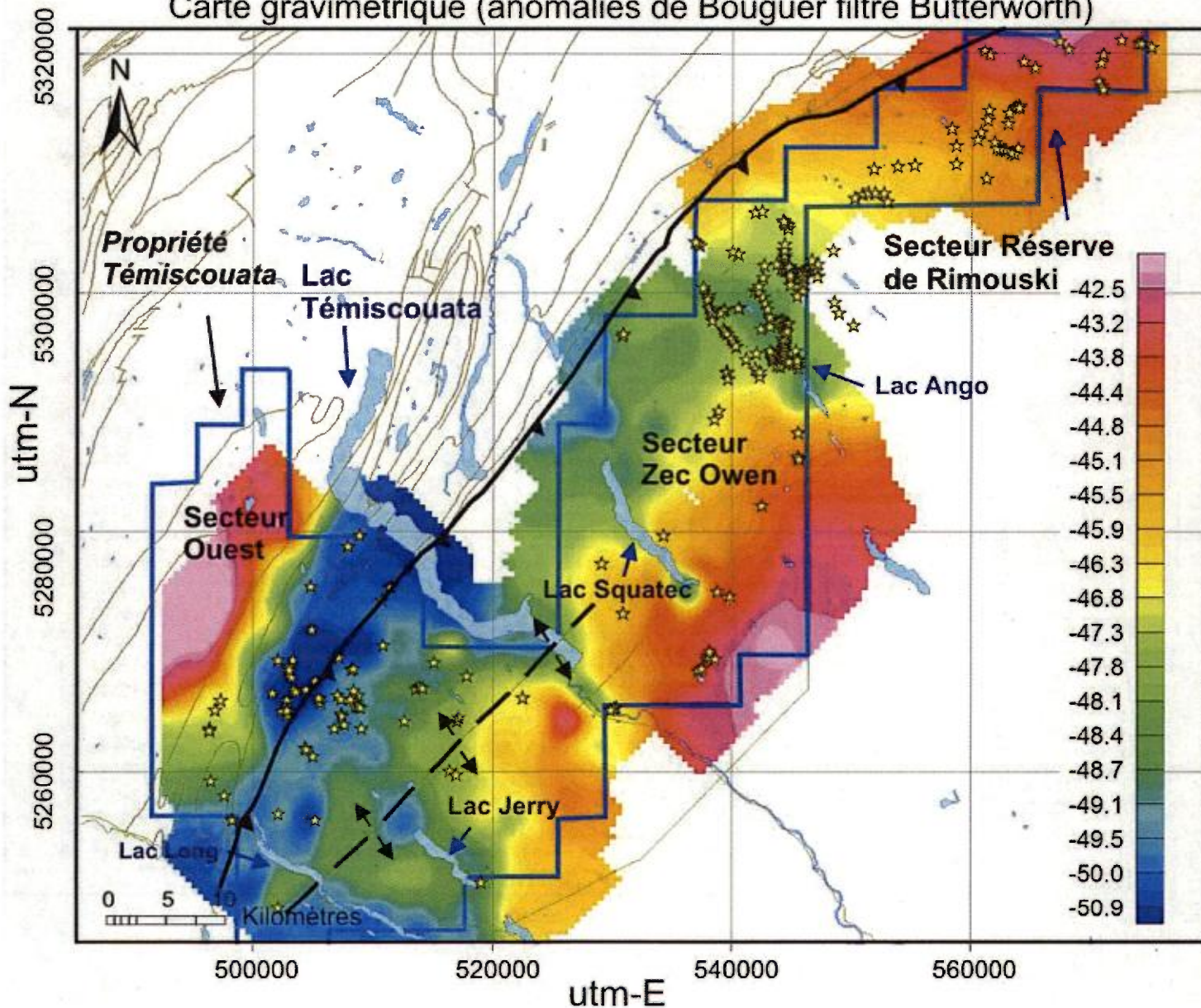


Figure 20. Carte des valeurs de l'anomalie de Bouguer intégrant les levés gravimétriques de 2009, 2010 et 2011. Les étoiles indiquent la localisation des échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1000 ppb.

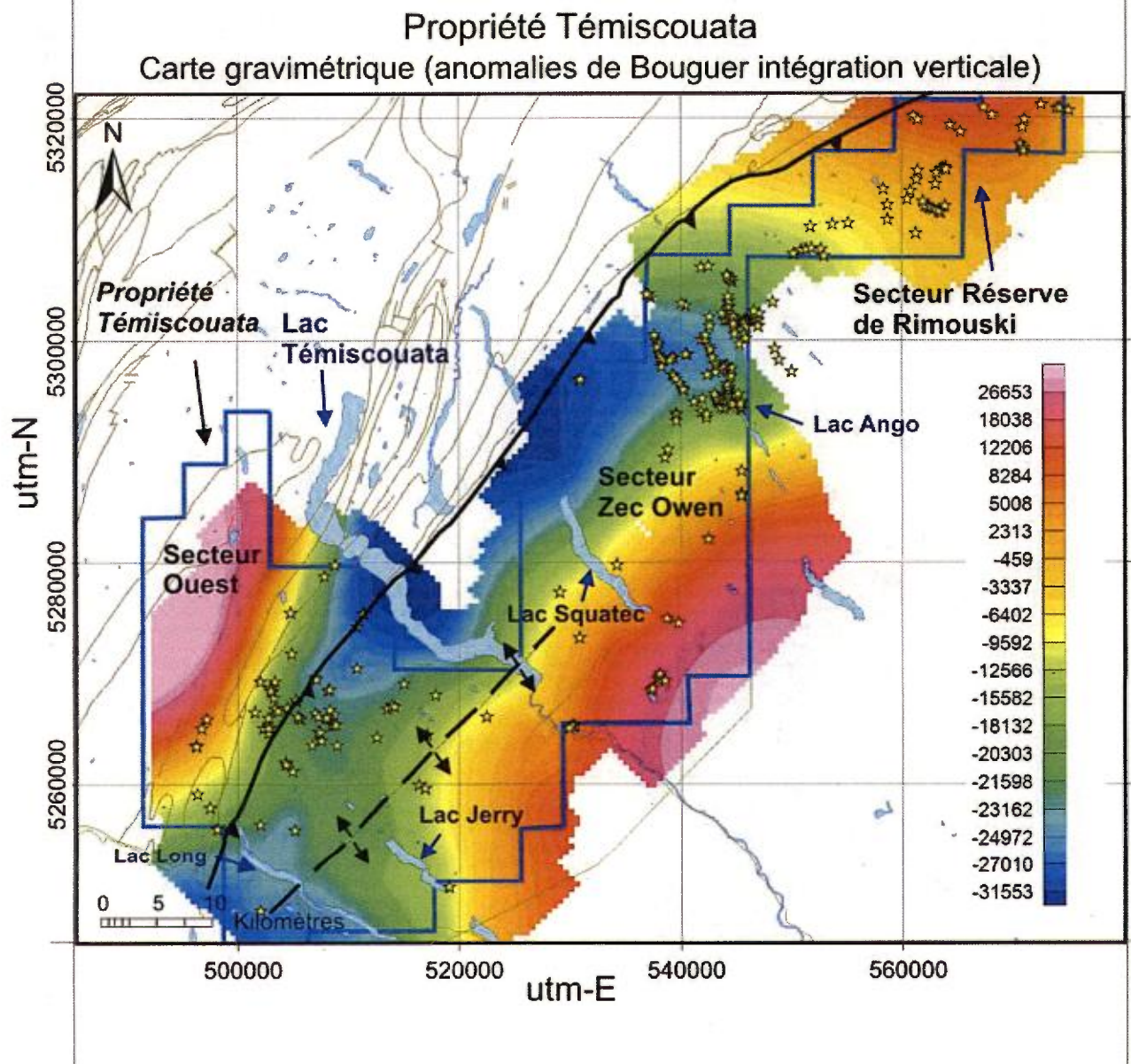


Figure 21. Carte des valeurs d'intégration verticale de l'anomalie de Bouguer complète intégrant les valeurs des levés gravimétriques de 2009, 2010 et 2011. Les étoiles indiquent la localisation des échantillons de sols pour lesquels les concentrations en éthane se sont avérées supérieures à 1000 ppb.

RÉFÉRENCES

- Aydemir, A. et Abdullah, A., 2008. Determination of hydrocarbon prospective areas in the Tuzgolu (Saltlake) Basin, central Anatolia, by using geophysical data. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 62, 36-44.
- Blakely, R.J., 1996. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press, UK.
- Brisebois D. Nadeau J., 2003. Géologie de la Gaspésie et du Bas-Saint-Laurent (22A, 22B, 22C, 22G, 22H, 21N, et 21O). Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, DV 2003-08, échelle 1:250 000.
- Cogbill, A.H., 1990. Gravity terrain corrections calculated using digital elevation models : *Geophysics*, v.55, no 1, p. 102-106.
- Hinze, W. et al., 2005. New standards for reducing gravity observations : The North American Gravity Database, *Geophysics*, 70, 4, PP 25-32.
- Hinze, W., Aiken, C., Brozean, J., Coakley, B., Dater, D., Flanagan, G., Forsberg, R., Hildenbrand, T., Keller, G.R., Kellogg, J., Kucks, R., Li, X., Mainville, A., Morin, R., Pilkington, M., Plouff, D., Ravat, D., Roman, D., Urrutia-Fucugauchi, J., Véronneau, M., Webring, M. et Winester, D., 2003. New standards for reducing gravity observations : The Revised North American Gravity Database : <http://paces.geo.utep.edu/research/gravmag/PDF/Final%20NAGDB%20Report%20091403.pdf>.
- Jacobsen, 1987, A case for upward continuation as a standard separation filter for potential- field maps, *Geophysics*, v. 52. #8, p. 1138 – 1148.
- Jorgensen, C., 2004. Tectonic interpretation using potential field data for the Sweetgrass Arch Area, Montana-Alberta, Saskatchewan. Rocky Mountain Section AAPG Meeting, Denver, Colorado, August 9-11, 2004. P. 1-7.
- 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.
- Laroche, P., Richer-Laflèche, M. et Camiré, G., 2008. Programme d'exploration révisé 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, 49 p., déposé sur SEDAR.
- Reeh, G. et Aifa, T., 2008. Age of the source of the Jarrafagravity and magnetic anomalies offshore Libya and its geodynamic implications. *Journal of Geodynamics*, 45, 217-233.
- Richer-Laflèche, M., 2008. Levés pédogéochimique et radiométrique sur la propriété Témiscouata. Recherche de gaz et de pétrole et mise en valeur de la propriété Charlevoix, Phase 1 – An 2. Les Mines J.A.G. Ltée, 140 pages. Rapport déposé auprès du MRNFQ.

Robinson , E.A. et Silvia, M.T., 1981. Digital foundations of time series analysis : vol. 2 – Wave equation space-time processing. Holden-Day Inc. CA, USA.

Rocheftort, B., 1981. Étude pédologique du comté de Témiscouata (Québec). Service de recherche en sols Direction de la recherche Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 113 pages.

Annexe 1 : Coordonnées UTM (Nad83) des stations gravimétriques.

Station	utm-E	utm-N	Alt(m)	Station	utm-E	utm-N	Alt(m)
1	541217.487	5309523.39	250.11	46	564358.557	5310740.983	378.044
2	541362.931	5309736.645	259.062	47	564223.116	5310964.289	374.153
3	541539.579	5309932.943	259.817	48	564272.076	5311220.808	376.639
4	541694.635	5310132.929	266.484	49	564324.91	5311471.36	373.306
5	541878.3	5310327.2	284.907	50	564376.812	5311726.042	371.712
6	541935.4	5310602.7	302.816	51	564376.644	5311990.586	372.401
7	542198.5	5310597.9	331.024	52	564531.95	5312189.338	379.72
8	542465.5	5310539.8	348.224	53	564762.23	5312324.638	391.712
9	542715.3	5310597.6	359.29	54	564748.691	5312583.154	384.193
10	542946.2	5310751.2	360.981	55	564847.921	5312830.095	387.073
11	543219.0	5310792.3	361.022	56	564984.915	5313065.647	388.7
12	543481.885	5310738.694	368.168	57	564909.858	5313314.245	381.2
13	543670.141	5310906.427	370.064	58	564710.109	5313489.971	367.374
14	543878.482	5311043.119	371.965	59	564602.977	5313724.393	362.982
15	544116.999	5310974.948	366.63	60	564596.453	5313990.212	362.445
16	544373.502	5311021.748	346.393	61	564501.999	5314239.614	356.971
17	544588.884	5311166.224	335.715	62	564393.67	5314476.444	355.765
18	544787.473	5311337.342	336.831	63	564159.1	5314594.89	359.875
19	545006.969	5311468.186	342.801	64	564008.035	5314816.361	355.901
20	545141.254	5311683.631	346.601	65	563753.937	5314863.97	355.268
21	545283.496	5311899.996	350.879	66	563566.741	5315042.687	352.697
22	545489.777	5312085.41	368.733	67	563481.737	5315277.764	353.206
23	545735.121	5312187.149	377.315	68	563372.689	5315534.246	360.246
24	545985.875	5312170.646	390.94	69	563205.514	5315736.198	355.844
25	546237.468	5312091.77	397.348	70	563114.159	5315991.914	360
26	546497.888	5312045.331	406.886	71	562917.697	5316173.847	358.466
27	546764.866	5311970.246	409.001	72	562724.327	5316351.088	359.054
28	547009.544	5311892.262	409.438	73	562538.133	5316539.106	363.24
29	547262.501	5311827.978	397.069	74	562342.704	5316729.185	361.674
30	547515.573	5311852.851	402.975	75	562133.023	5316864.109	343.929
31	547763.436	5311796.174	412	76	561876.035	5317063.153	342.701
32	548040.012	5311724.986	409.225	77	561692.564	5317232.833	339.387
33	548288.141	5311717.192	420.008	78	561467.404	5317338.269	338.767
34	548546.654	5311835.345	423.057	79	561238.688	5317213.614	332.493
35	548784.515	5311917.405	426.425	80	561088.28	5317006.792	333.994
36	549021.794	5312023.079	423.639	81	560927.207	5316801.152	335.248
37	549241.746	5312136.076	419.802	82	560665.064	5316803.453	360.939
38	549496.398	5312264.471	417.159	83	560428.652	5316949.813	364.175
39	549735.148	5312368.661	413.339	84	560201.644	5317098.434	359.944
40	549993.822	5312344.396	413.434	85	559982.643	5317254.183	354.684
41	564927.597	5309595.853	379.346	86	559764.696	5317419.245	347.668
42	564833.025	5309832.521	386.321	87	559572.718	5317616.715	342.221
43	564714.85	5310048.077	387.231	88	561985.943	5317372.261	386.179
44	564543.532	5310242.091	382.304	89	562146.104	5317624.156	428.609
45	564417.001	5310467.212	379.323	90	562013.592	5317868.915	451.591

Station	utm-E	utm-N	Alt(m)	Station	utm-E	utm-N	Alt(m)
91	561919.901	5318109.468	460.513	137	567487.222	5320837.803	414.169
92	561980.872	5318360.319	463.359	138	567619.786	5320606.257	418.219
93	562184.462	5318551.272	456.943	139	567858.385	5320441.795	412.114
94	562347.844	5318770.813	451.801	140	568083.462	5320312.381	408.886
95	562477.378	5319009.793	440.277	141	568328.494	5320188.765	401.938
96	562705.811	5319148.761	423.865	142	568476.592	5319977.08	402.266
97	562960.295	5319203.43	399.461	143	568631.259	5319761.298	398.782
98	563221.582	5319155.357	384.923	144	568807.337	5319569.014	400.105
99	563477.447	5319108.423	372.74	145	569008.396	5319400.892	400.323
100	563748.769	5319046.21	363.915	146	569231.677	5319249.974	391.941
101	563964.862	5319190.256	359.402	147	569496.536	5319141.587	383.243
102	564090.739	5319416.147	351.136	148	569685.645	5318947.019	368.117
103	564348.666	5319387.446	356.442	149	569882.617	5318752.67	353.759
104	564575.425	5319231.911	355.47	150	570023.316	5318530.282	341.856
105	564779.462	5319077.19	355.131	151	570178.565	5318316.186	336.16
106	564992.04	5318907.584	353.4	152	570376.577	5318173.421	323.385
107	565219.376	5318799.082	359.492	153	570485.15	5318436.505	333.408
108	565446.348	5318677.857	361.624	154	570593.637	5318673.784	325.973
109	565669.948	5318523.108	361.866	155	570702.005	5318913.82	324.811
110	565829.968	5318328.184	355.115	156	570825.298	5319150.528	320.962
111	566078.019	5318224.914	356.341	157	570908.037	5319395.422	317.466
112	566324.389	5318104.93	360.05	158	570964.121	5319649.486	314.6
113	566517.533	5317929.886	365.608	159	570990.371	5319913.321	315.927
114	566652.754	5317701.358	356.135	160	571084.761	5320169.514	317.258
115	566879.599	5317578.454	358.628	161	571140.614	5320422.32	322.265
116	567118.426	5317661.183	382.047	162	571258.591	5320658.005	322.398
117	564060.509	5319718.768	362.473	163	571455.246	5320829.633	313.537
118	564089.113	5319993.123	376.852	164	571698.558	5320919.329	302.383
119	564245.752	5320202.553	387.017	165	571945.804	5321012.917	299.637
120	564441.917	5320387.263	382.046	166	572188.978	5321142.767	297.379
121	564635.023	5320585.68	376.816	167	572459.306	5321202.092	304.569
122	564702.222	5320834.285	368.45	168	572705.801	5321298.399	299.191
123	564744.349	5321096.489	367.155	169	572978.466	5321291.031	301.782
124	564804.646	5321368.524	370.579	170	573196.976	5321113.539	308.061
125	564788.779	5321630.357	373.267	171	573439.213	5321015.699	309.501
126	560964.072	5320496.362	470.389	172	573694.143	5320937.771	303.772
127	561033.044	5320248.692	471.594	173	573954.357	5320883.8	305.966
128	561193.074	5320015.325	459.413	174	574228.982	5320850.672	315.71
129	561434.847	5319899.024	465.491	175	574506.636	5320838.106	314.197
130	561682.532	5319784.484	467.313	176	574779.329	5320794.669	311.314
131	561908.733	5319643.775	481.075	177	574996.385	5320645.236	296.49
132	562049.867	5319427.15	474.925	178	575201.249	5320493.877	299.267
133	562173.028	5319176.856	464.415	179	575472.81	5320404.825	303.7
134	566894.134	5321393.245	408.472	180	575655.385	5320599.149	304.815
135	567112.156	5321227.134	410.485	181	575685.151	5320868.838	295.791
136	567316.258	5321047.037	410.956	182	575708.196	5321157.223	301.263

Station	utm-E	utm-N	Alt(m)	Station	utm-E	utm-N	Alt(m)
183	575786.26	5321412.041	293.741	229	557482.072	5316074.386	421.511
184	570487.117	5317921.169	322.449	230	557427.195	5315815.465	429.058
185	570591.77	5317677.198	330.889	231	557246.531	5315624.944	426.105
186	570711.141	5317456.576	334.386	232	557000.623	5315571.121	423.955
187	570894.209	5317278.554	339.839	233	556935.824	5315321.217	419.068
188	570937.421	5317005.809	349.209	234	556868.341	5315069.686	416.833
189	570814.086	5324127.139	311.821	235	556620.464	5315023.798	414.42
190	571059.688	5324025.003	312.317	236	556349.211	5315048.459	410.061
191	571297.026	5323926.037	316.956	237	556142.314	5314876.575	405.545
192	571530.222	5323833.351	315.088	238	555873.234	5314856.599	404.647
193	571758.594	5323720.747	314.75	239	555601.852	5314865.851	406.934
194	571868.502	5323477.496	315.543	240	555331.289	5314888.597	411.348
195	571982.128	5323234.654	318.125	241	555137.964	5314697.104	407.197
196	572153.317	5323035.725	312.761	242	555046.531	5314449.633	408.482
197	572357.884	5322866.02	300.823	243	554799.289	5314340.917	410.549
198	572609.671	5322779.758	301.958	244	554538.77	5314341.042	410.067
199	572874.141	5322712.688	308.834	245	554404.872	5314578.232	409.905
200	573115.627	5322651.02	314.898	246	562780.352	5308299.469	475.498
201	573379.345	5322584.133	310.185	247	562608.829	5308509.666	479.32
202	573659.604	5322511.808	315.772	248	562458.607	5308744.325	461.388
203	573909.796	5322457.839	320.255	249	562272.996	5308951.521	442.164
204	574199.797	5322389.687	321.99	250	562349.886	5309194.932	438.288
205	574460.623	5322324.625	324.549	251	562182.26	5309368.585	445.148
206	574724.447	5322270.142	325.989	252	561931.687	5309424.326	445.563
207	574985.91	5322201.558	325.928	253	561668.393	5309441.834	432.904
208	575258.187	5322138.409	323.387	254	561455.294	5309602.21	429.118
209	575463.098	5321976.813	318.727	255	561185.613	5309634.352	416.74
210	575637.807	5321782.984	309.012	256	560923.049	5309670.31	406.046
211	570577.501	5324229.484	317.727	257	560688.165	5309780.327	392.685
212	570311.758	5324237.335	316.317	258	560545.904	5310006.552	387.638
213	570085.835	5324106.269	329.919	259	560445.057	5310272.056	387.614
214	569810.749	5324041.678	327.287	260	560273.02	5310493.199	386.279
215	569537.737	5324025.744	321.212	261	560230.832	5310755.468	387.741
216	569284.302	5324093.388	319.718	262	560233.195	5311013.509	388.388
217	569050.769	5324211.535	315.613	263	560090.852	5311230.972	382.958
218	568872.13	5324410.238	305.132	264	559880.079	5311388.732	378.399
219	568591.053	5324478.618	314.314	265	559637.614	5311540.049	379.051
220	568338.629	5324512.689	316.754	266	559494.271	5311338.17	380.652
221	568079.21	5324543.863	316.198	267	559280.781	5311215.945	393.74
222	567845.484	5324431.709	312.688	268	559052.921	5311317.092	402.346
223	567685.787	5324222.335	324.324	269	558876.982	5311520.582	388.518
224	567488.792	5324034.08	326.173	270	558747.082	5311749.511	396.384
225	567232.128	5324153.209	340.251	271	558740.885	5312013.675	413.512
226	566986.795	5324257.376	354.142	272	558663.205	5312261.349	413.714
227	557650.257	5316575.354	405.396	273	558753.22	5312504.158	414.058
228	557555.646	5316338.2	412.782	274	558661.825	5312737.817	414.048

Station	utm-E	utm-N	Alt(m)	Station	utm-E	utm-N	Alt(m)
275	558533.302	5312963.739	409.192	321	552084.357	5313461.773	444.661
276	558399.38	5313181.342	409.132	322	552023.361	5313221.499	433.728
277	558321.507	5313438.843	404.267	323	551901.868	5313004.613	428.575
278	558255.941	5313683.511	396.643	324	551522.51	5312588.223	418.466
279	558032.069	5313830.106	395.793	325	551400.05	5312347.404	415.265
280	557788.497	5313891.132	395.785	326	551232.452	5312147.123	404.604
281	557529.512	5313908.614	399.852	327	551023.26	5312004.692	410.756
282	557315.514	5314064.613	399.468	328	550770.13	5311999.135	409.34
283	557071.659	5314146.275	403.107	329	550518.695	5312065.322	405.468
284	556843.981	5314290.528	403.385	330	550273.204	5312216.535	410.344
285	556635.016	5314435.713	400.956	331	542161.03	5307593.694	245.044
286	556502.062	5314644.236	399.089	332	541954.486	5307774.751	239.068
287	556322.195	5314831.731	401.037	333	541864.171	5308024.633	238.269
288	556422.07	5310752.518	412.772	334	541776.418	5308270.019	235.522
289	556166.911	5310704.524	415.913	335	541680.865	5308514.611	235.082
290	555915.077	5310571.887	407.762	336	541521.544	5308721.934	235.315
291	555661.887	5310561.334	406.744	337	541365.162	5308921.546	234.969
292	555387.767	5310517.363	406.871	338	541196.084	5309137.713	231.662
293	555144.496	5310592.756	408.218	339	541105.497	5309382.644	231.842
294	554928.05	5310738.89	408.838	340	547601.409	5308590.794	441
295	554692.752	5310843.815	411.1	341	547528.716	5308339.298	437.164
296	554430.603	5310813.528	421.558	342	547775.778	5308799.169	447.563
297	554202.106	5310687.837	422.677	343	547761.589	5309051.055	451.476
298	553985.183	5310558.031	421.832	344	547824.209	5309293.926	453
299	553735.426	5310502.96	415.299	345	547876.814	5309542.518	450.684
300	553626.632	5310730.676	419.287	346	547891.204	5309796.922	451.507
301	553465.955	5310928.518	422.018	347	547873.979	5310063.171	454.907
302	553260.527	5311097.123	416.124	348	547847.518	5310318.58	456.878
303	553055.228	5311268.528	411.297	349	547878.189	5310570.497	455.45
304	552843.611	5311410.799	423.113	350	547937.568	5310821.084	444.236
305	552707.608	5311646.048	429.845	351	547938.288	5311083.579	426.082
306	552478.181	5311775.805	434.823	352	548090.647	5311299.292	428.235
307	552318.831	5312013.511	420.466	353	548182.313	5311547.816	426.379
308	552144.492	5312203.977	414.32	354	552355.511	5309876.861	422.523
309	551900.424	5312340.638	417.346	355	552120.313	5309970.623	430.371
310	551729.203	5312551.487	419.812	356	551969.608	5310174.191	440.412
311	551661.223	5312799.397	425.003	357	551732.504	5310302.708	444.603
312	551413.681	5314611.903	415.057	358	551499.159	5310402.831	447.01
313	553891.407	5314499.19	418.221	359	551384.036	5310653.84	452.123
314	553657.636	5314363.435	421.568	360	551200.27	5310822.392	448.146
315	553386.268	5314249.869	443.318	361	551009.398	5310997.634	435.998
316	553189.855	5314073.483	463.556	362	550818.272	5311168.567	439.231
317	552937.944	5314055.448	471.093	363	550752.203	5311432.706	454.153
318	552706.789	5313956.795	477.1	364	550785.145	5311679.664	437.187
319	552522.068	5313758.505	468.789	365	559357.966	5317818.931	340.182
320	552319.554	5313572.529	460.562	366	559186.35	5318014.943	338.537

Station	utm-E	utm-N	Alt(m)	Station	utm-E	utm-N	Alt(m)
367	558953.379	5318145.188	347.245	416	542296.019	5302787.523	347.744
368	558732.303	5318298.663	337.811	417	542183.767	5302560.655	347.18
369	558493.852	5318417.722	340.052	418	542254.56	5302303.704	347.983
370	558239.326	5318516.128	342.756	419	542595.75	5302214.562	355.732
371	557968.674	5318535.084	345.285	420	550052.641	5315100.451	492.194
372	557720.971	5318451.104	360.558	421	550088.572	5314858.122	503.142
373	557614.423	5318216.377	371.795	422	550306.343	5314764.044	501.77
374	557483.368	5317970.559	383.611	423	550576.414	5314796.466	472.069
375	557432.885	5317708.315	386.808	424	550828.876	5314756.043	464.298
379	539940.697	5309262.877	230.135	425	550975.212	5314539.084	461.998
380	540036.29	5309017.691	233.558	426	550957.936	5314281.761	459.77
381	540170.004	5308776.686	232.887	427	550844.048	5314028.343	459.307
382	540323.345	5308555.678	238.816	428	551037.582	5313866.412	456.83
383	540514.999	5308372.436	243.053	429	551182.814	5313650.979	453.042
384	540740.142	5308243.155	234.584	430	551437.463	5313587.807	447.514
385	540652.716	5307989.914	250.867	431	551698.368	5313459.656	438.886
386	540588.266	5307731.984	262.913				
387	540524.501	5307476.009	275.799				
388	540458.249	5307210.042	278.903				
389	540388.829	5306946.915	269.508				
390	540310.406	5306681.656	272.857				
391	540288.678	5306416.408	279.461				
392	540506.582	5306235.824	290.697				
393	540775.937	5306225.224	299.117				
394	541056.92	5306298.719	297.527				
395	541287.475	5306465.721	296.487				
396	541480.724	5306658.59	275.239				
397	541743.378	5306650.542	264.741				
398	541946.395	5306502.746	262.523				
399	542036.877	5306237.445	289.544				
400	542184.709	5306017.079	303.344				
401	542301.057	5305772.061	316.734				
402	542475.205	5305583.882	332.56				
403	542557.397	5305335.926	338.677				
404	542700.828	5305127.786	341.86				
405	542936.483	5304968.727	346.128				
406	543109.928	5304771.558	358.15				
407	543227.161	5304540.559	365.237				
408	543403.927	5304337.326	370.946				
409	543181.962	5304208.838	358.031				
410	542945.08	5304055.371	351.476				
411	542951.972	5303784.099	362.759				
412	542861.988	5303535.488	362.675				
413	542688.531	5303298.365	354.855				
414	542558.323	5303087.27	349.385				
415	542558.161	5302828.619	351.937				