



**Acquisition de données gravimétriques dans la région du parc
industriel et portuaire de Bécancour**

Rapport préliminaire

RAPPORT INRSCO2-2011-V2.8

par

Bernard Giroux, Marc Richer-Laflèche et Michel Malo

Soumis au Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs

2011 – Québec

R-1278

Préambule

Le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) a octroyé -ETE pour mettre en place une chaire de recherche sur la séquestration géologique du CO₂ au Québec. Le décret n° 714-2008 approuvant l'octroi a été adopté le 25 juin 2008. La subvention d'une durée - 2012-2013) provient du Fonds vert. La création de la chaire s'inscrit dans l'action 20 du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques intitulé « Le Québec et les changements climatiques, un défi pour l'avenir ».

Les travaux de la chaire permettront d'explorer les principales options de séquestration géologique du CO₂ au Québec. Les objectifs principaux sont d'évaluer la capacité de stockage du CO₂ au Québec, de tester quelques sites pour leur potentiel de rétention du CO₂ après injection, et de former une expertise au Québec dans le domaine de la technologie du captage et de la séquestration du CO₂ (C répondre aux objectifs principaux sont de: 1) faire l'inventaire des réservoirs géologiques potentiels au Québec; 2) faire l'inventaire des sources majeures d'émission de CO₂ au Québec; 3) compiler les travaux réalisés ailleurs dans le monde sur la technologie du CSC; 4) caractériser les paramètres géologiques et géophysiques des réservoirs potentiels; 5) évaluer leur capacité de stockage; 6) choisir des sites potentiels pour réaliser des essais d'injection de CO₂; 7) tester un ou deux sites avec suivi sur une période pour évaluer la capacité de rétention du CO₂ et les risques de fuite. En marge de l'atteinte des objectifs mentionnés plus haut, les travaux complémentaires concernent l'évaluation des enjeux socio-économiques de l'implantation de la technologie du CSC au Québec (lois, sécurité, etc.) et des études technico-économiques pour l'implantation d'une usine pilote.

Les cinq volets de recherche suivants permettront d'atteindre les objectifs et de réaliser les travaux complémentaires :

1. Inventaire
2. Caractérisation
3. Capacité de stockage
4. Test-pilote
5. Enjeux socio-économiques.

Le présent rapport sur l'acquisition de données gravimétriques dans la région de Bécancour s'insère dans le volet de recherche « Caractérisation ».

Sommaire

Dans le cadre du programme de caractérisation de la chaire de recherche, le réservoir de Bécancour est étudié en détail de façon à permettre la construction d'un modèle numérique qui permettra de simuler des scénarios d'injection de CO₂. Des données gravimétriques ont été acquises principalement pour permettre de compléter la cartographie du socle et la localisation des failles majeures dans le secteur de Bécancour. Cette région est déjà étudiée à l'aide de profils sismiques et de données de diagraphie. Cependant, les profils sismiques permettent d'imager le sous sol en coupes verticales (couverture 2D) et les diagraphies sont restreintes le long du puits (couverture 1D). Bien que plusieurs profils sismiques et levés de diagraphie soient disponibles, certaines zones sont moins bien couvertes par ces types de levés et certaines ambiguïtés se posent pour construire le modèle de réservoir dans ces zones.

La gravimétrie est une méthode géophysique sensible aux variations latérales de densité dans le sous-sol. Ces variations de densité occasionnent des perturbations mesurables du champ gravitationnel terrestre. La mesure de ces perturbations permet d'inférer la distribution spatiale de la densité, que l'on peut associer à des structures géologiques. Comparativement aux méthodes sismiques, la gravimétrie est peu coûteuse, ce qui rend plus accessible une couverture 3D du sous-sol.

Dans les Basses-Terres du Saint-Laurent, un contraste de densité significatif existe entre les roches de la séquence sédimentaire et celles du socle précambrien sous-jacent. La présence de failles présentant un rejet important, comme la faille Yamaska à Bécancour, est susceptible de générer des anomalies gravimétriques permettant leur localisation. La gravimétrie apparaît donc comme un complément intéressant aux méthodes sismiques. Une campagne d'acquisition a donc été amorcée en 2010 dans cette optique. Une deuxième campagne est prévue en 2011 afin de compléter la couverture. Ce rapport fait état des résultats de la campagne de 2010 et de la planification pour 2011.

Table des matières

Table des matières.....	1
Préambule	3
Sommaire.....	4
Introduction.....	7
Levé de terrain.....	7
Traitement des données	8
Programme d'activités 2011.....	11
Conclusion et perspectives	12
Annexes	13

Introduction

Les failles constituent des éléments structuraux importants car elles ont une influence majeure sur le mouvement des fluides au sein d'un réservoir, qu'elles agissent comme barrière imperméable ou comme conduit préférentiel. Leur cartographie est un élément essentiel dans la construction d'un modèle de réservoir. Dans le cadre du programme de caractérisation de la chaire, le réservoir de Bécancour est étudié en détail de façon à permettre l'élaboration d'un modèle numérique qui devrait permettre de simuler des scénarios d'injection de CO₂. Or, la présence de failles dans le secteur étudié pose certains défis à ce niveau.

Les données de sismique réflexion constituent la principale source d'information permettant de localiser les failles étant donnée la résolution élevée des images sismiques. Dans la région étudiée, les données sismiques disponibles sont des profils 2D qui permettent d'imager le sous sol en coupes verticales. De par leur nature bidimensionnelle, les profils sismiques ne permettent pas de couvrir toute la zone d'intérêt. De plus, lorsqu'un profil sismique est parallèle à une faille, celle-ci ne peut être imagée sans ambiguïté. En raison de ces limitations, certaines portions du modèle numérique de Bécancour comportent un degré d'incertitude plus élevée. Un levé sismique 3D permettrait de résoudre le problème, mais ceux-ci sont coûteux et

peuvent s'avérer très complexe à mettre en œuvre en zone industrielle, comme c'est le cas à Bécancour.

Pour palier à ce manque d'information, un levé gravimétrique a été ajouté au programme d'activité de la chaire. Le levé a été réalisé au début de l'automne 2010. La gravimétrie permet d'imager le sous-sol avec une résolution inférieure à la sismique, mais elle est plus souple de mise en œuvre et beaucoup moins coûteuse. Ainsi, l'objectif principal de ce levé est de compléter la cartographie du socle et la localisation des failles majeures dans le secteur de Bécancour. Un objectif secondaire de cette campagne de mesure est de constituer un jeu de données utilisable pour le monitoring d'un éventuel essai d'injection de CO₂.

Levé de terrain

Les données ont été acquises avec les équipements du prof. M. Richer-Laflèche, soit un gravimètre Scintrex CG-5 (www.scintrexltd.com) et un système de positionnement RTK ProMark500 Magellan/Ashtech (www.ashtech.fr). L'équipe de terrain était composée d'É. Chouinard à la gravimétrie et de J.-F. Boily au positionnement. Les mesures gravimétriques ont eu lieu du 15 au 21 septembre 2010, alors que le levé RTK a été effectué en deux segments, du 17 au 19 septembre et les 24 et 25 septembre 2010. L'emplacement des stations gravimétriques est présenté à la Figure 1.



Figure 1 – Localisation des stations gravimétriques.

Le gravimètre CG-5 comporte un filtre qui compense le bruit sismique ambiant, ainsi qu'un système de correction automatique compensant l'inclinaison de l'appareil. Ces fonctionnalités ont été activées lors de l'acquisition. Cinq mesures ont été effectuées à chaque station gravimétrique, de façon à s'assurer de la répétabilité des mesures.

Traitement des données

Les mesures ont été examinées pour relever les lectures aberrantes qui peuvent être causées par le passage de véhicules à proximité des stations de mesure. La valeur médiane des cinq mesures acquises à chaque station est attribuée à sa station respective. On élimine ainsi l'effet d'éventuelles valeurs aberrantes. Les données brutes sont illustrées à la Figure 2.

Données brutes

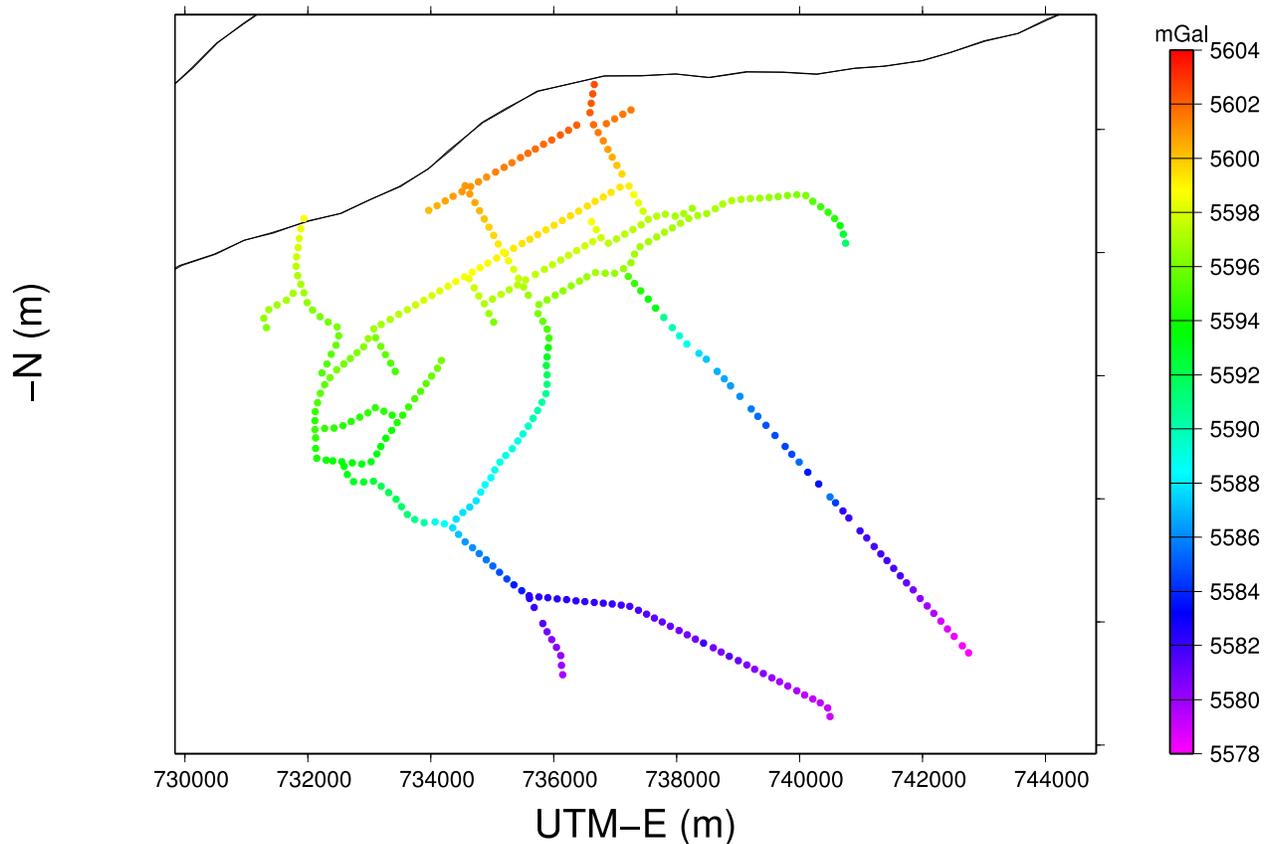


Figure 2 - Données brutes. La valeur médiane à chaque station est représentée.

Pour être interprétables, les données gravimétriques doivent ensuite être traitées pour soustraire aux mesures les effets qui ne sont pas dus aux structures géologiques. Les corrections à apporter sont :

1. la correction de dérive instrumentale;
2. la correction de latitude;
3. la correction d'élévation;
4. la correction de plateau;
5. la correction de terrain.

La correction luni-solaire (effet des marées) est effectuée automatiquement grâce au programme interne du CG-5.

Les quatre premières corrections ont été appliquées aux données. La correction de dérive est effectuée en suivant un cheminement en boucle lors de la prise des mesures, i.e. la série débute en un point donné

point. Il est alors possible d'évaluer la dérive en comparant les valeurs de début et de fin. Une correction linéaire peut alors être appliquée aux mesures acquises entre les deux. La Figure 3 montre les données après application de cette correction.

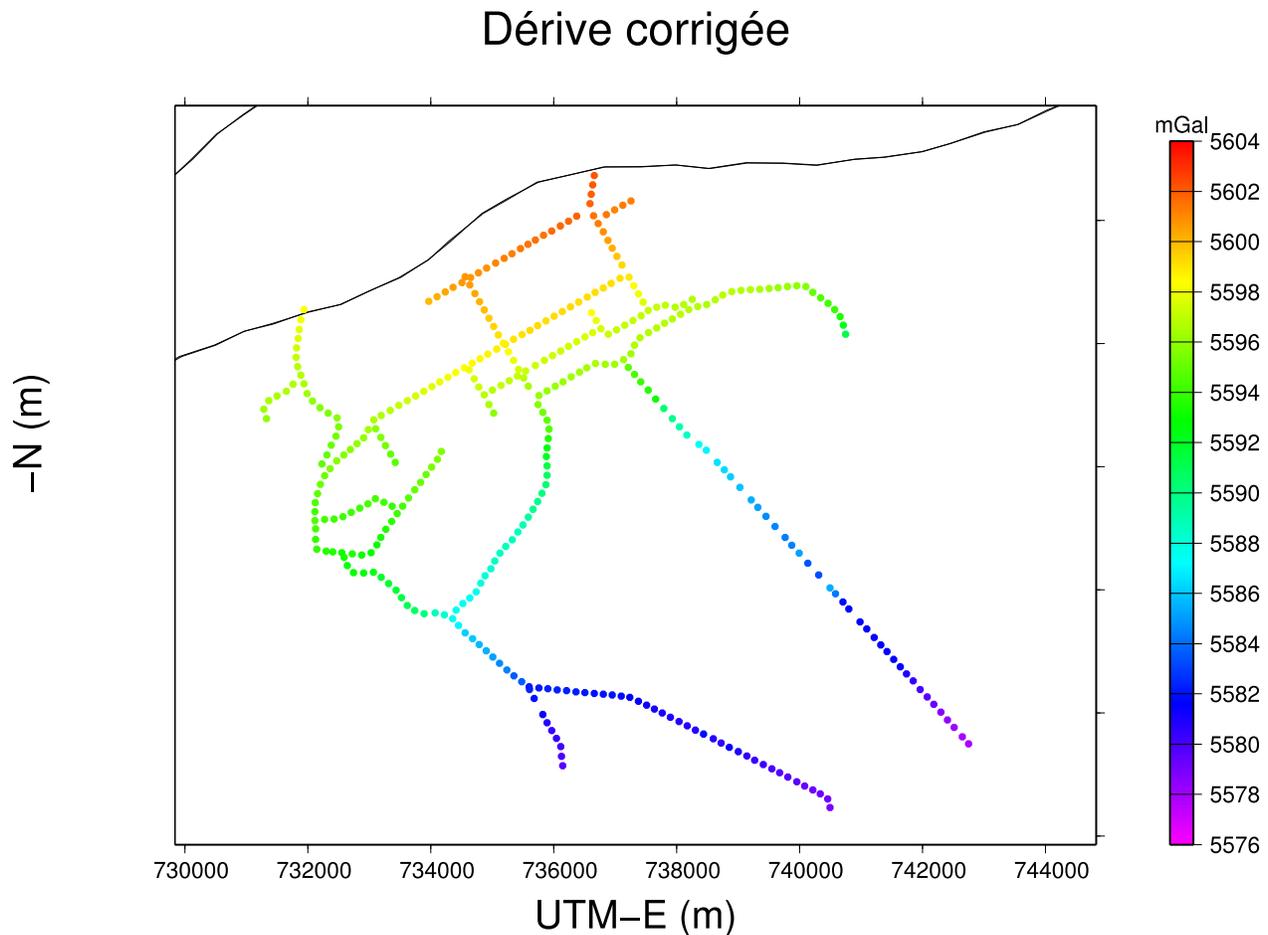


Figure 3 – Données de la Figure 2 après correction de dérive.

La correction de latitude tient compte des variations de l'accélération gravitationnelle g rotation de la Terre aplatissement. La correction est appliquée à partir du calcul de l'accélération gravitationnelle théorique à une latitude ϕ de référence $g_{th}(\phi_{ref})$ et à la latitude de la station de mesure $g_{th}(\phi_{sta})$. La correction est alors $g_{th}(\phi_{ref}) - g_{th}(\phi_{sta})$. Les données après application de cette correction sont illustrées en annexe (Figure 6, page 13).

L'attraction gravitationnelle diminue en s'éloignant du centre de la Terre. Afin de pouvoir interpréter les données en terme de contraste de densité, celles-ci doivent être rattachées à une référence équipotentielle unique correspondant à

une élévation de référence. La correction d'élévation est appliquée pour rattacher les données à ce niveau de référence. Cette correction néglige la présence de sol entre le niveau de référence et la station, raison pour laquelle on l'appelle parfois correction d'air libre. Une deuxième correction, dite correction de plateau, est apportée pour tenir compte de cette masse de sol. Il faut alors connaître, ou estimer, la densité du sol entre les deux niveaux. Dans le cas présent, on estime que le sol entre le niveau de référence (correspondant à l'élévation de la station la plus basse) et les autres stations est constitué de dépôts meubles ayant une densité de 1.6 g/cm^3 . La combinaison des corrections d'air libre et de plateau est nommée correction de Bouguer, et la

mesure après application des corrections de dérive, de latitude et de Bouguer est

nommée *anomalie de Bouguer*. La Figure 4 montre l'anomalie de Bouguer obtenue.

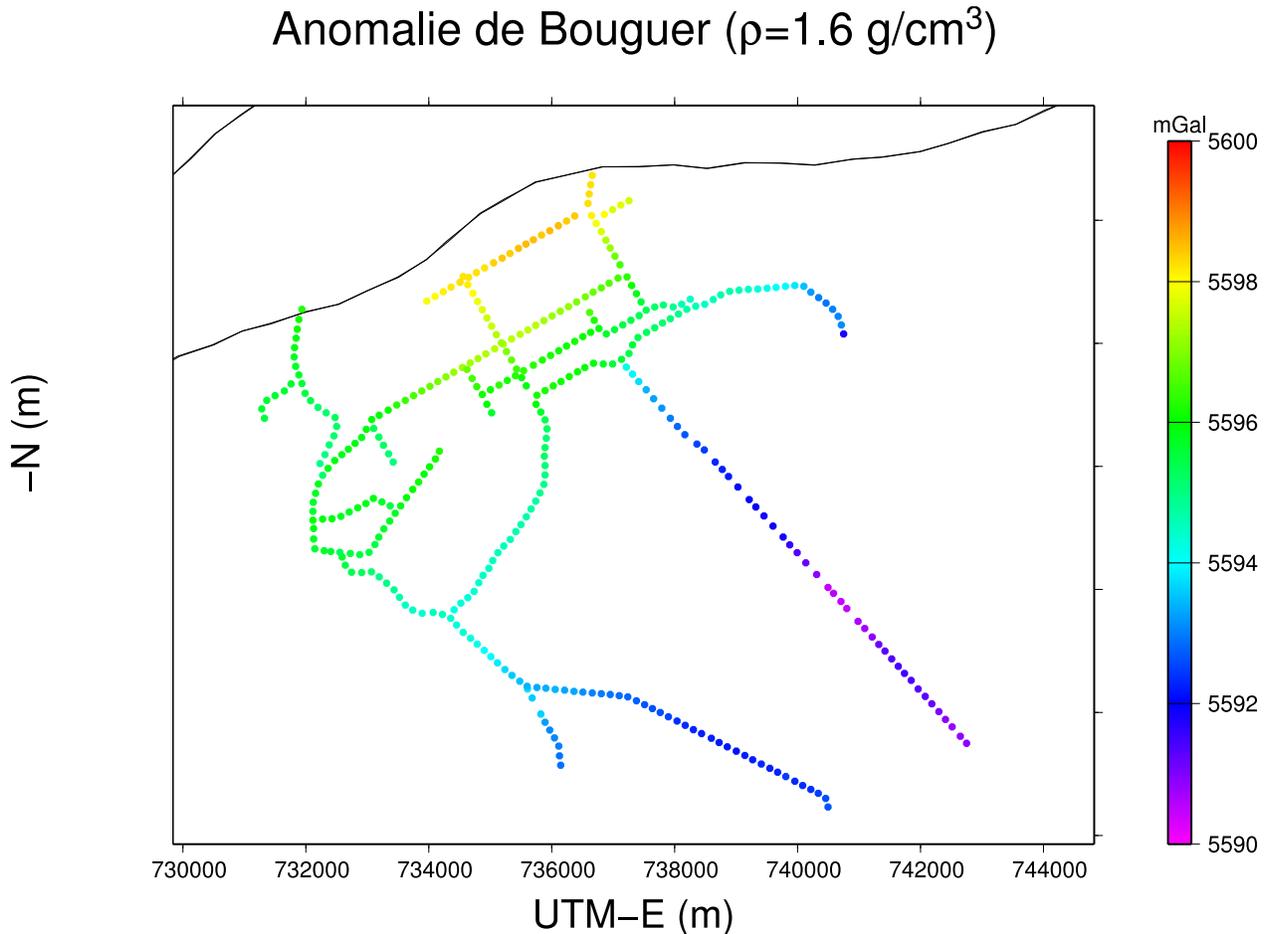


Figure 4 – Anomalie de Bouguer.

L'anomalie de Bouguer indique une diminution de la gravité dans la direction Sud-Est. Cette attitude concorde avec un épaissement rapide des dépôts des roches sédimentaires dans cette direction, en accord avec présence de la faille de Yamaska observée sur les levés de sismique réflexion.

Programme d'activités 2011

Des mesures additionnelles sont prévues pour améliorer la couverture à l'ouest de la zone étudiée en 2010 et permettre une interprétation quantitative. Ces données seront ajoutées aux données de 2010. La correction de terrain sera appliquée à l'ensemble des données, et le jeu de données complet sera utilisé pour construire un modèle de densité 3D de la zone à l'étude, et localiser les failles principales dans le secteur.

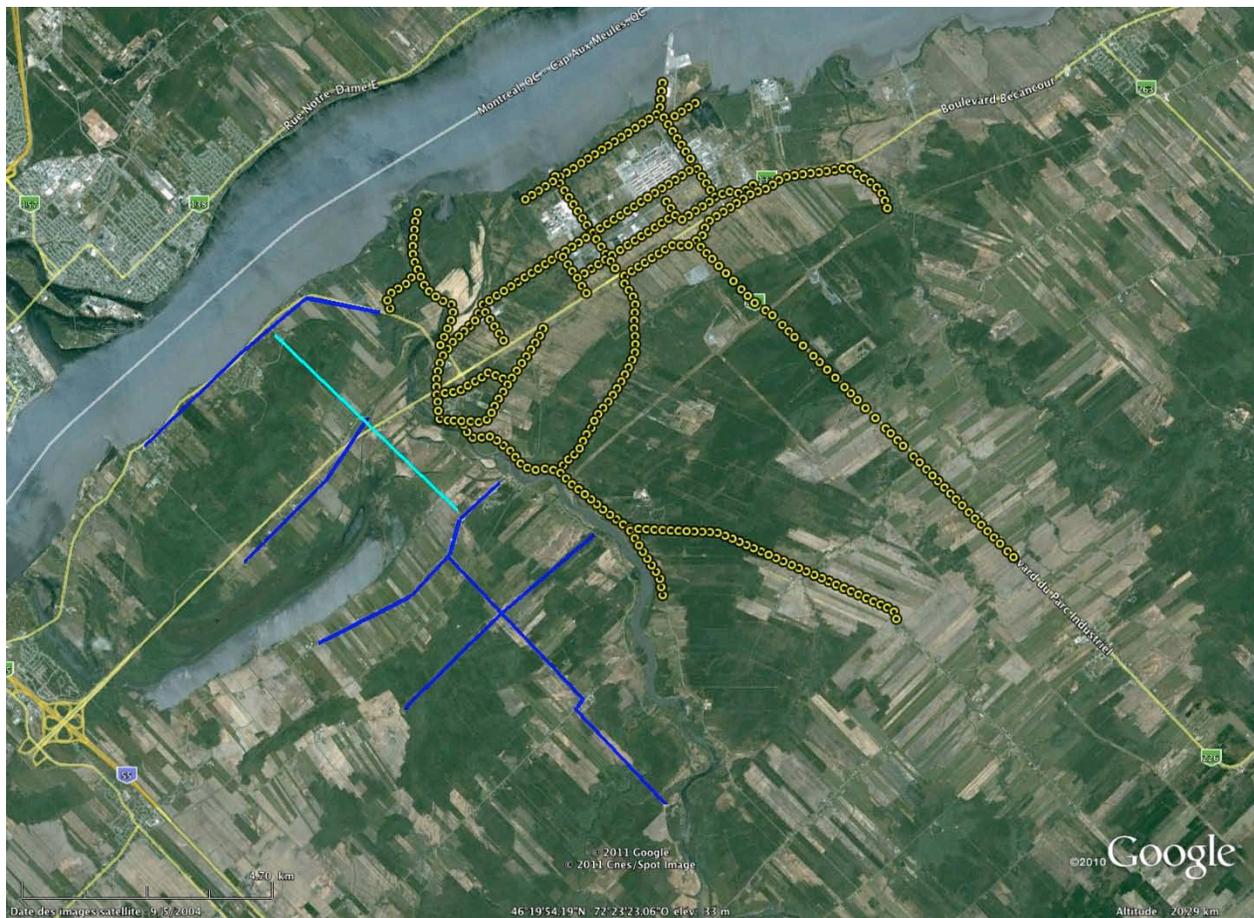


Figure 5 – Couverture de mesure approximative (lignes bleues) prévue pour 2011.

Conclusion et perspectives

Dans un contexte de monitoring de l'injection de CO₂, différentes techniques sont envisagées, parmi lesquelles la gravimétrie en forage. Les données gravimétriques de surface pourront être incorporées aux données acquises en forage. L'avantage de la gravimétrie pour

le monitoring de l'injection est que cette méthode est la seule technique géophysique qui permet, dans la mesure où la résolution est adéquate, de faire un bilan de masse (ou du changement de masse) du volume investigué.

Annexes

Correction de latitude appliquée

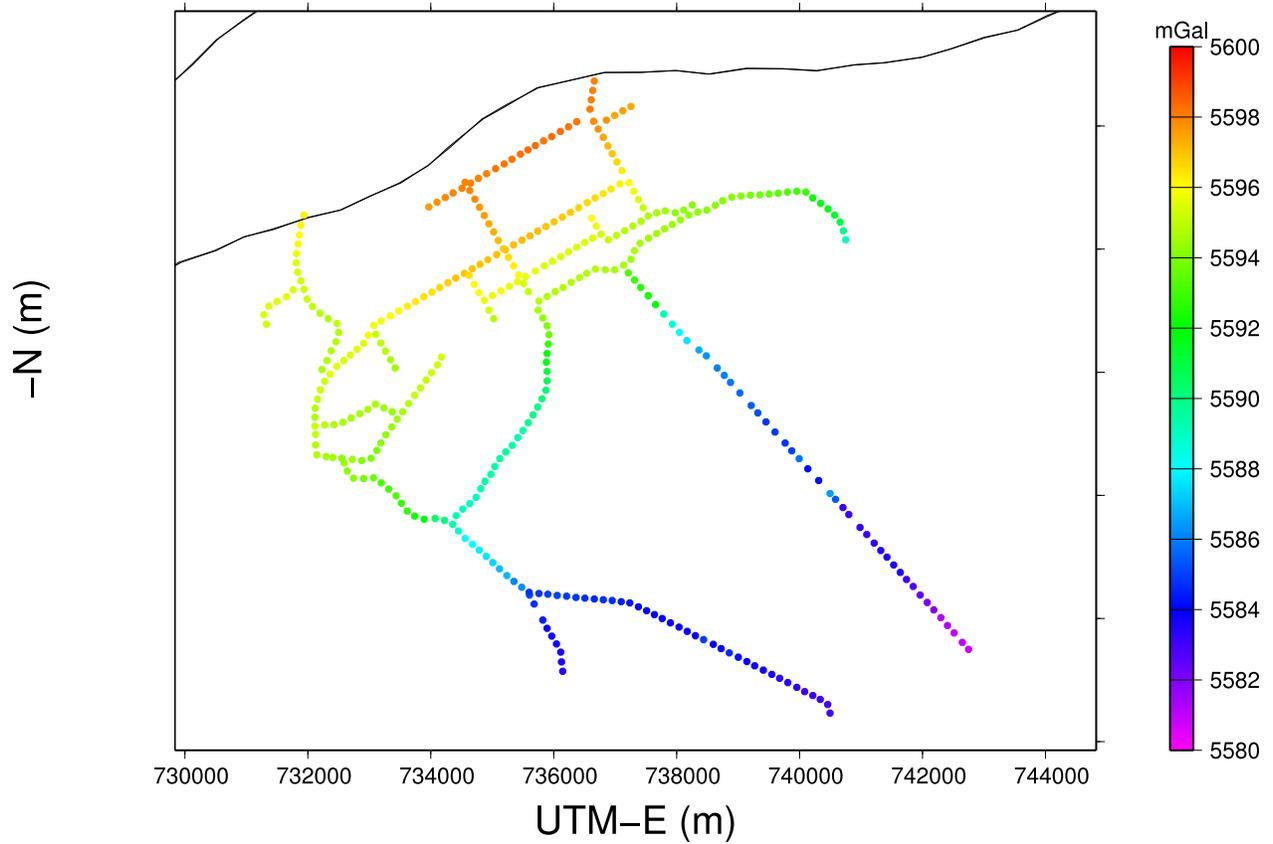


Figure 6 - Données gravimétriques après correction de dérive et de latitude.