

**CAPACITÉ EFFECTIVE DE STOCKAGE
GÉOLOGIQUE DU CO₂
DANS LE BASSIN DES BASSES-TERRES
DU SAINT-LAURENT**

INRSCO2-2012-V3.1

Rapport de recherche R-1331

Mars 2012



SÉQUESTRATION GÉOLOGIQUE DU CO₂
CHAIRE DE RECHERCHE



INRS

**Capacité effective de stockage géologique du CO₂
dans le bassin des Basses-Terres du Saint-Laurent**

RAPPORT
INRSCO2-2012-V3.1

Par

Karine Bédard, Félix-Antoine Comeau et Michel Malo

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

Mars 2012 – Québec

R-1331

Institut national de la recherche scientifique – Centre Eau Terre Environnement, 490 de la Couronne, Québec, Qc, G1K 9A9

Téléphone : (418) 654-2535 ; Télécopieur : (418) 654-2600 ; Site internet : chaireco2.ete.inrs.ca



TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE	5
SOMMAIRE	6
1. INTRODUCTION	7
1.1. Choix du bassin pour les calculs de capacité de stockage de CO ₂	7
1.1.1. Critères favorables pour le stockage géologique du CO ₂ dans les Basses-Terres du Saint-Laurent	7
1.1.2. Géologie du bassin des Basses-Terres du Saint-Laurent.....	9
2. MODÈLE GÉOLOGIQUE 3D DES BASSES-TERRES DU SAINT-LAURENT	10
2.1. Données de base.....	10
2.2. Modélisation géologique 3D.....	10
3. CAPACITÉ EFFECTIVE DE STOCKAGE DES BASSES-TERRES DU SAINT-LAURENT	13
3.1. Méthodologie de calcul de capacité effective de stockage.....	13
3.2. Spécificités de la méthodologie au Québec.....	14
3.2.1. Profondeur.....	14
3.2.2. Facteur d'efficacité.....	15
3.2.3. Porosité	15
3.2.4. Volume	15
3.2.5. Température.....	16
3.2.6. Pression	16
3.2.7. Densité du CO ₂	16
3.3. Capacités effectives de stockage du CO ₂ calculées	18
4. CONCLUSIONS.....	20
RÉFÉRENCES	21



Préambule

Le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) a octroyé une subvention à l'INRS-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 de cinq ans (exercices financiers 2008-2009 à 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 (CSC). Les objectifs secondaires pour arriver à 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 d'un à deux ans 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'estimation de la capacité de stockage du bassin des Basses-Terres du Saint-Laurent cadre dans le volet capacité de stockage.

Sommaire

Le bassin sédimentaire des Basses-Terres du Saint-Laurent est celui qui présente le plus grand potentiel pour le stockage géologique du CO₂ dans le sud du Québec. Ce bassin contient d'excellents ensembles réservoir-couverture, une grande quantité de données sismiques et de puits est disponible, l'accessibilité est facile et les infrastructures sont bien développées. De plus, des aquifères salins sont présents en profondeur au sein de la séquence sédimentaire et constituent les cibles pour le stockage du CO₂.

La capacité effective de stockage géologique du CO₂ dans les aquifères salins du bassin des Basses-Terres du Saint-Laurent a été effectuée à l'aide d'un modèle géologique 3D qui a permis de calculer les volumes des unités d'intérêt de même que de calculer la densité du CO₂ en tout point du modèle en fonction des gradients de température et de pression. La capacité effective des formations de Cairnside et de Covey Hill a été calculée à l'aide de la densité du CO₂, de la porosité moyenne des unités géologiques, du volume de ces unités et des facteurs d'efficacité pour le stockage du CO₂ dans les aquifères salins. La Formation de Cairnside étant plus mince que la Formation de Covey Hill, sa capacité effective de stockage du CO₂ est environ quatre fois moins importante. Pour l'ensemble du bassin, la capacité effective de stockage est estimée à 0,9 à 9,5 gigatonnes de CO₂ en fonction des différents facteurs d'efficacité utilisés.

1. Introduction

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC ou IPCC : *Intergovernmental Panel on Climate Change*), le réchauffement climatique serait très probablement d'origine anthropique et aurait comme principale cause l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (IPCC, 2007). Le dioxyde de carbone (CO₂) est l'un de ces gaz à effet de serre émis par plusieurs types d'industries utilisant la combustion d'hydrocarbures. Plus du tiers des émissions de CO₂ dans le monde est produit par des sources concentrées (centrales thermiques, cimenteries, raffineries...) qui vont encore continuer à utiliser des combustibles fossiles dans les prochaines années (IPCC, 2005).

Dans ce contexte, le captage et le stockage du CO₂ (CSC) représente une solution potentielle à court-moyen terme pour réduire les émissions anthropiques de CO₂ dans l'atmosphère (Bachu, 2003; IPCC, 2005; IEA, 2008). En effet, la technologie pour stocker du CO₂ dans les réservoirs de gaz et de pétrole ainsi que dans les aquifères salins profonds est maintenant prête à être appliquée dans le contexte du CSC (Bachu, 2008). À l'échelle mondiale, la recherche de sites potentiels pour le stockage géologique du CO₂ va bon train dans les bassins sédimentaires déjà connus pour la qualité de leurs réservoirs géologiques. La première étape de ces recherches consiste à identifier les bassins offrant un potentiel adéquat pour le stockage géologique du CO₂ et d'en déterminer leur capacité de stockage.

1.1. Choix du bassin pour les calculs de capacité de stockage de CO₂

L'analyse du potentiel des bassins sédimentaires du sud du Québec pour le stockage géologique du CO₂ a démontré que le bassin des Basses-Terres du Saint-Laurent est celui qui offre le potentiel le plus

intéressant et qu'il est le bassin à prioriser pour les études plus poussées (Bédard *et al.*, 2012; Malo et Bédard, sous presse). Ce rapport représente l'étape suivante de notre démarche, c'est-à-dire évaluer la capacité effective de stockage du bassin.

1.1.1. Critères favorables pour le stockage géologique du CO₂ dans les Basses-Terres du Saint-Laurent

Couvrant un territoire d'environ 20 000 km², le bassin des Basses-Terres du Saint-Laurent se montre favorable pour la plupart des critères d'analyse du potentiel des bassins sédimentaires pour le stockage géologique du CO₂ (Bédard *et al.*, 2012).

En effet, le bassin est relativement peu déformé, les roches-réservoirs et roches-couverture sont connues et elles se trouvent à des profondeurs adéquates de 800 à 3500 mètres dans la majeure partie du bassin. Grâce à une exploration pétrolière et gazière active dans le bassin depuis les années 1930, plusieurs données géologiques sont disponibles (dont des profils sismiques et plus de 250 puits) (Figure 1) permettant ainsi l'interprétation du bassin en profondeur. De cette manière, il est possible d'évaluer la géométrie des unités à l'échelle du bassin et donc d'en estimer leur volume. Une fois cette étape réalisée, il devient ensuite possible de calculer des capacités de stockage du CO₂.

Finalement, plusieurs grands émetteurs de CO₂ sont situés directement à la surface du bassin, principalement entre Québec et Montréal (Figure 2). D'après les données d'Environnement Canada (2009), les grands émetteurs de CO₂ émettent environ 20 millions de tonnes de CO₂ par année au Québec, ce qui permet de croire qu'il y aurait des possibilités de captage du CO₂ à peu de distance des réservoirs potentiels de stockage.

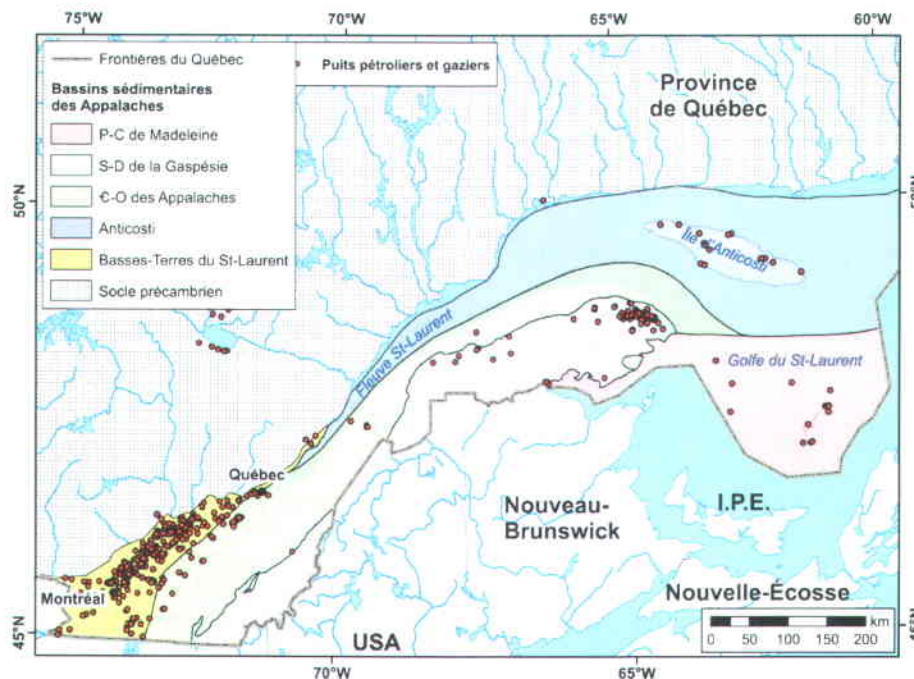


Figure 1 – Carte des bassins sédimentaires du sud du Québec et de l'ensemble des puits pétroliers et gaziers forés sur le territoire. P-C : permo-carbonifère. S-D : siluro-dévonien. C-O : cambro-ordovicien.

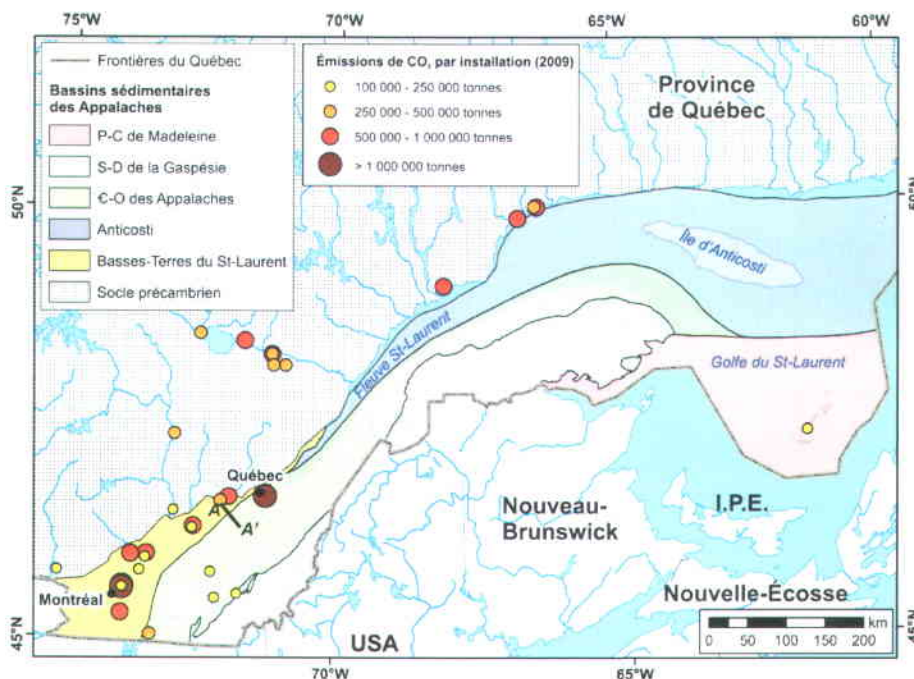


Figure 2 – Carte des bassins sédimentaires du sud du Québec et des émissions de CO₂ par installation industrielle en 2009. P-C : permo-carbonifère. S-D : siluro-dévonien. C-O : cambro-ordovicien. Source des données pour les émissions de CO₂ : Environnement Canada (2009). La ligne A-A' localise la ligne sismique M-2001 (Figure 4).

1.1.2. Géologie du bassin des Basses-Terres du Saint-Laurent

La succession de la plate-forme sédimentaire cambro-ordovicienne des Basses-Terres du Saint-Laurent a une épaisseur jusqu'à plus de 3000 mètres et repose en discordance sur le socle précambrien du Bouclier canadien (Globensky, 1987). Les roches réservoirs potentielles sont celles des grès du Groupe de Potsdam, des dolomies du Groupe de Beekmantown et des calcaires des groupes de Trenton, de Black River et de Chazy, tandis que les roches siliciclastiques à grains fins des groupes du Shale d'Utica, de Sainte-Rosalie et de Lorraine sont considérées comme des roches-couverture (Figure 3).

Les Basses-Terres du Saint-Laurent sont situées dans un environnement actuel de marge passive, c'est-à-dire tectoniquement stable avec une faible sismicité (Bédard *et al.*, 2012). Des failles normales de direction SO-NE affectent la succession et le bassin devient plus profond vers le sud-est et se prolonge sous le bassin cambro-ordovicien des Appalaches (Castonguay *et al.*,

2010). La déformation varie de faible à modérée en allant vers la faille de Logan qui sépare le bassin des Basses-Terres du Saint-Laurent et celui des Appalaches, où les roches de la plate-forme se retrouvent imbriquées sous forme d'écaillés de chevauchement. La Figure 4 montre l'architecture du bassin basée sur l'interprétation de la ligne sismique M-2001 de SOQUIP.

Dans le cadre de l'étude des capacités de stockage du bassin, seules les roches autochtones de la plate-forme sont modélisées et évaluées. Les roches des écaillés de chevauchement ne sont donc pas incluses dans les calculs car la modélisation de leur géométrie est trop complexe pour en évaluer des volumes et l'on ne possède que trop peu de données à l'échelle du bassin. De plus, les analyses sont effectuées sur l'unité principalement calcaire regroupant les groupes de Trenton, de Black River et de Chazy, sur les formations de Beauharnois et de Theresa du Groupe de Beekmantown et sur les formations de Cairnside et de Covey Hill du Groupe de Potsdam.

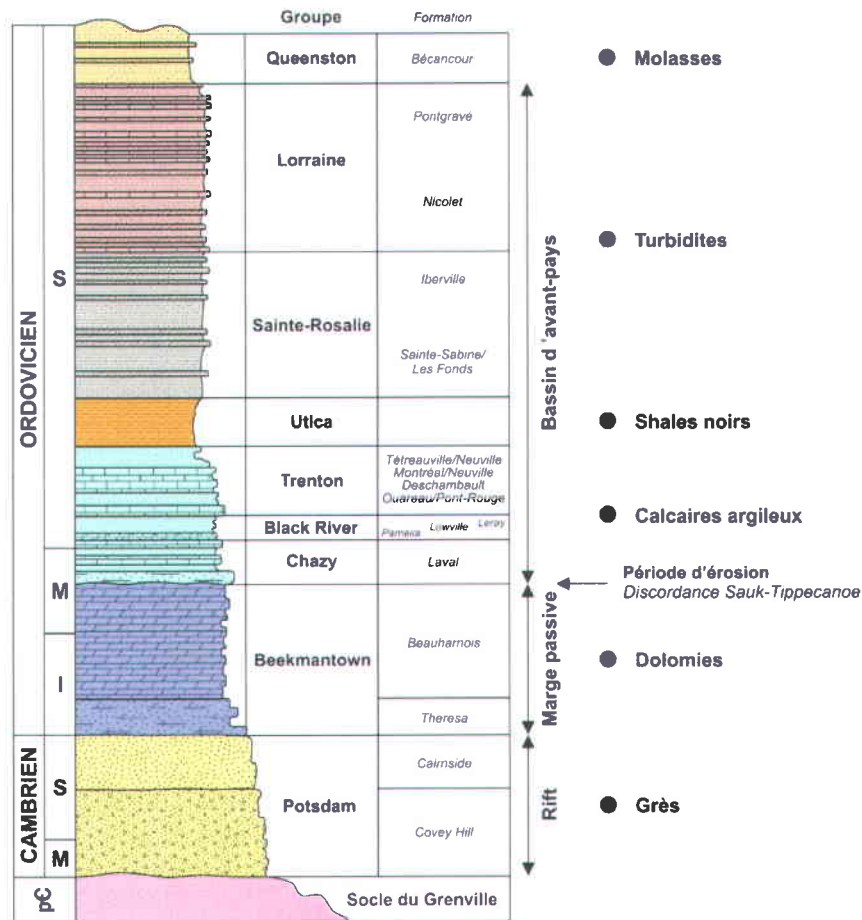


Figure 3 – Colonne stratigraphique des Basses-Terres du Saint-Laurent (Comeau *et al.*, 2012).