



INRS

Université d'avant-garde

...temporalités, l'espace...
...algique des mutations sociales, le...
de la société québécoise, l'espace...
l'action publique et des rapports sociaux...
...l'histoire...

SÉQUESTRATION GÉOLOGIQUE DU CO₂

CHAIRE DE RECHERCHE

INRS



Où sont les sites potentiels de séquestration géologique du CO₂ au Québec?

par

Michel Malo, Karine Bédard, Yves Duchaine

Conférence 2009 – APGQ
Montréal, 19 octobre 2009

L'INRS a obtenu en septembre 2008 une chaire de recherche sur la séquestration géologique du CO₂

Cette chaire est financée par le
Gouvernement du Québec

Québec 

Action 20 du Plan d'action 2006-2012 sur les
changements climatiques du Ministère du
Développement durable, de l'Environnement
et des Parcs

Principaux objectifs de la chaire

- **Évaluer le potentiel de stockage du CO₂ dans les environnements géologiques au Québec**
- **Tester des sites**
- **Former du personnel qualifié**



Travaux complémentaires

- **Évaluation des enjeux socio-économiques de l'implantation de la technologie du CSC au Québec**
 - Réglementation et lois
 - Sécurité
 - Information du public
 - Études technico-économiques

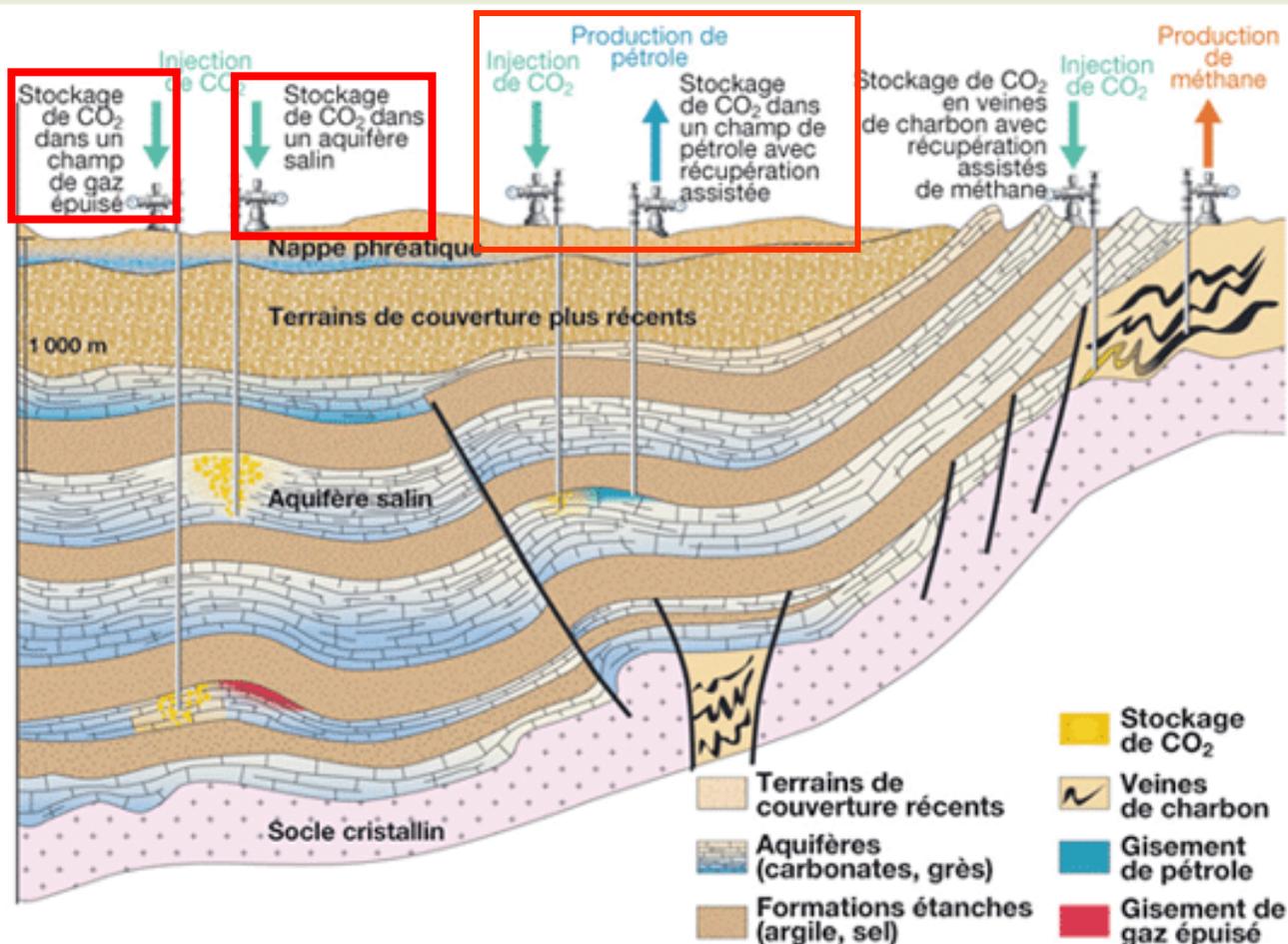


Options pour la séquestration du CO₂

- 1. Environnements géologiques (réservoirs de gaz et/ou pétrole et aquifères salins profonds)**
- 2. Piégeage par des lits de charbon dans des mines non exploitées**
- 3. Piégeage minéralogique (carbonatation minérale)**
- 4. Injection dans les grandes profondeurs océaniques**



Les différents types de stockage géologique



Source : brochure IFP-Ademe-BRGM, et copyright BRGM-im@gé



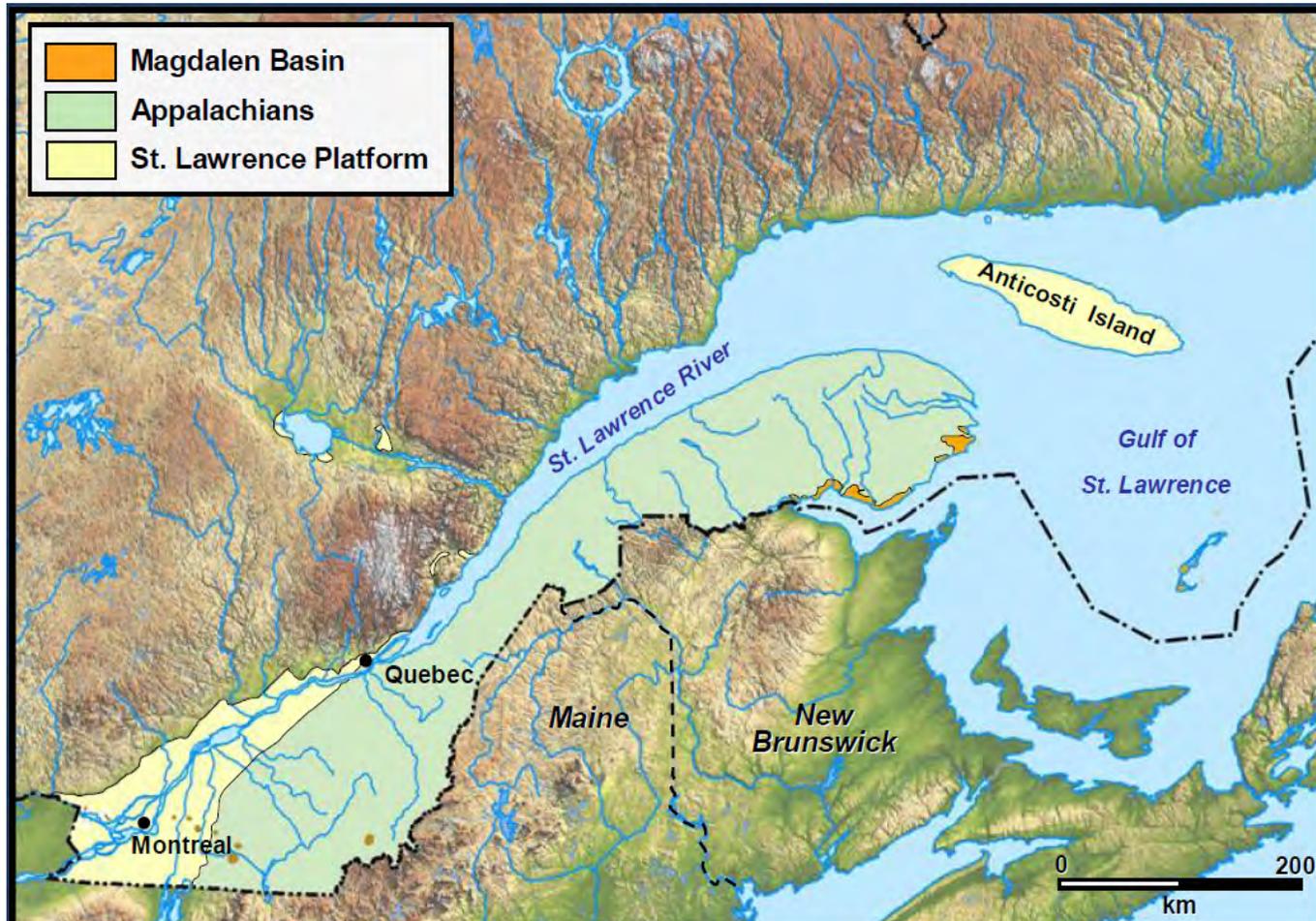
Les réservoirs de gaz et de pétrole et les aquifères salins profonds

Où sont-ils localisés au Québec?

- Dans les bassins sédimentaires
 - Plate-forme du Saint-Laurent
 - Appalaches
 - Bassin de Madeleine



Les bassins sédimentaires au Québec

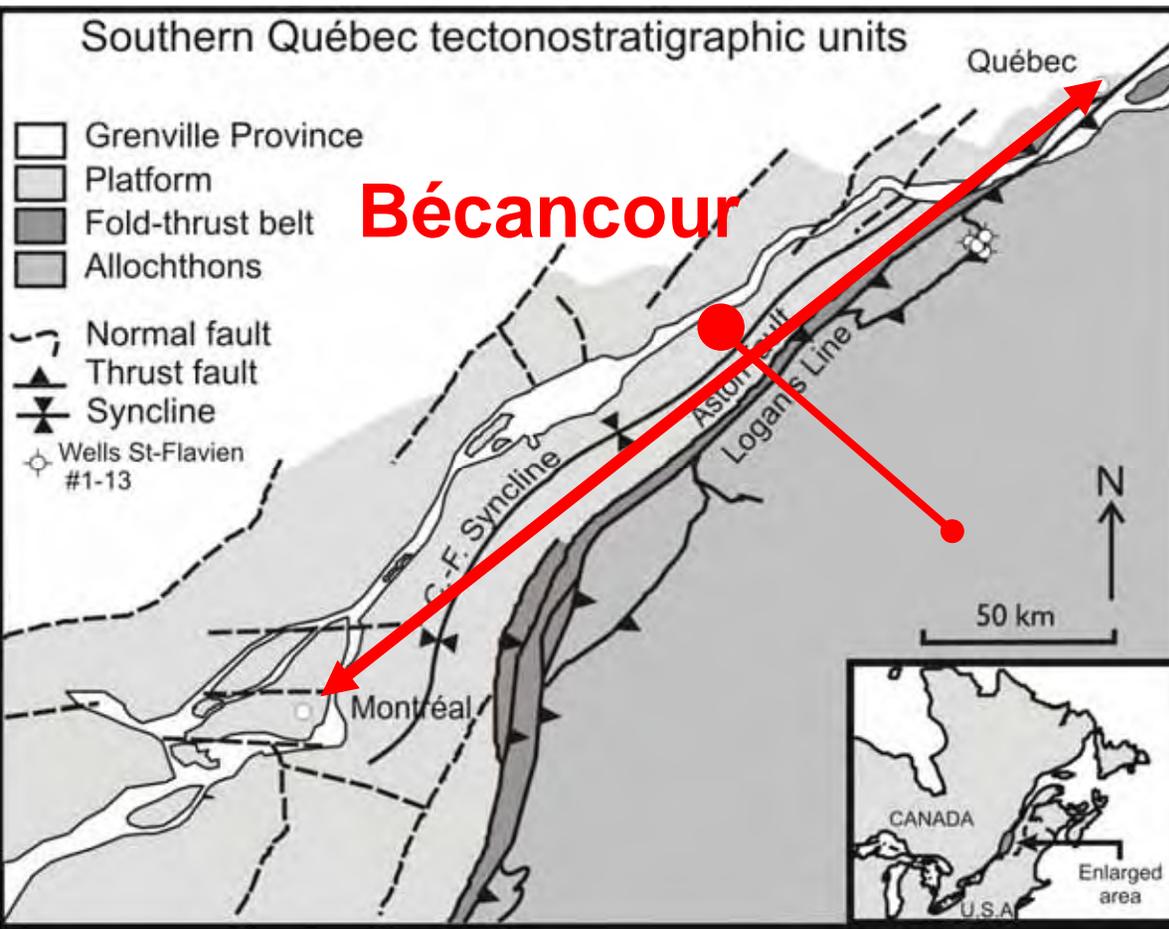


Source – R. Thériault, MRNF-Québec

http://sigpeg.mrnf.gouv.qc.ca/gpg/images/collectionInterne/presentation_orale/aapg_septembre_2007.pdf

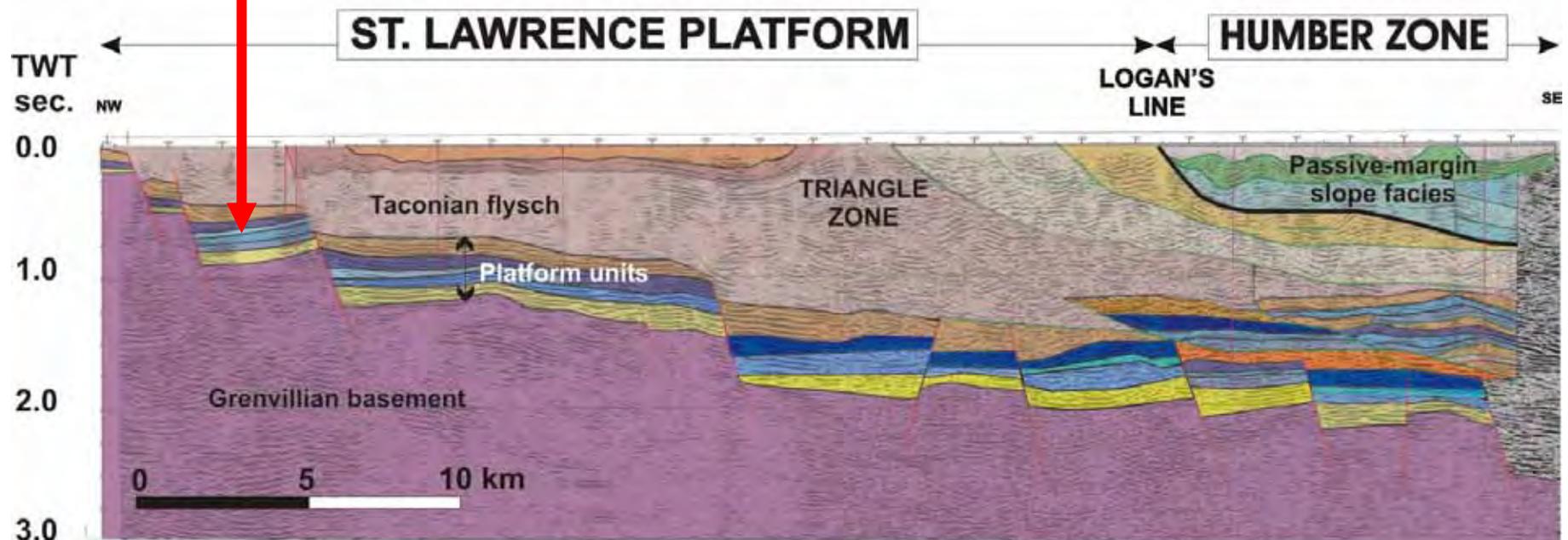
Aquifères salins profonds – Plate-forme du Saint-Laurent

+
autres
aquifères le
long de l'axe
du fleuve
Saint-Laurent
entre Montréal
et Québec

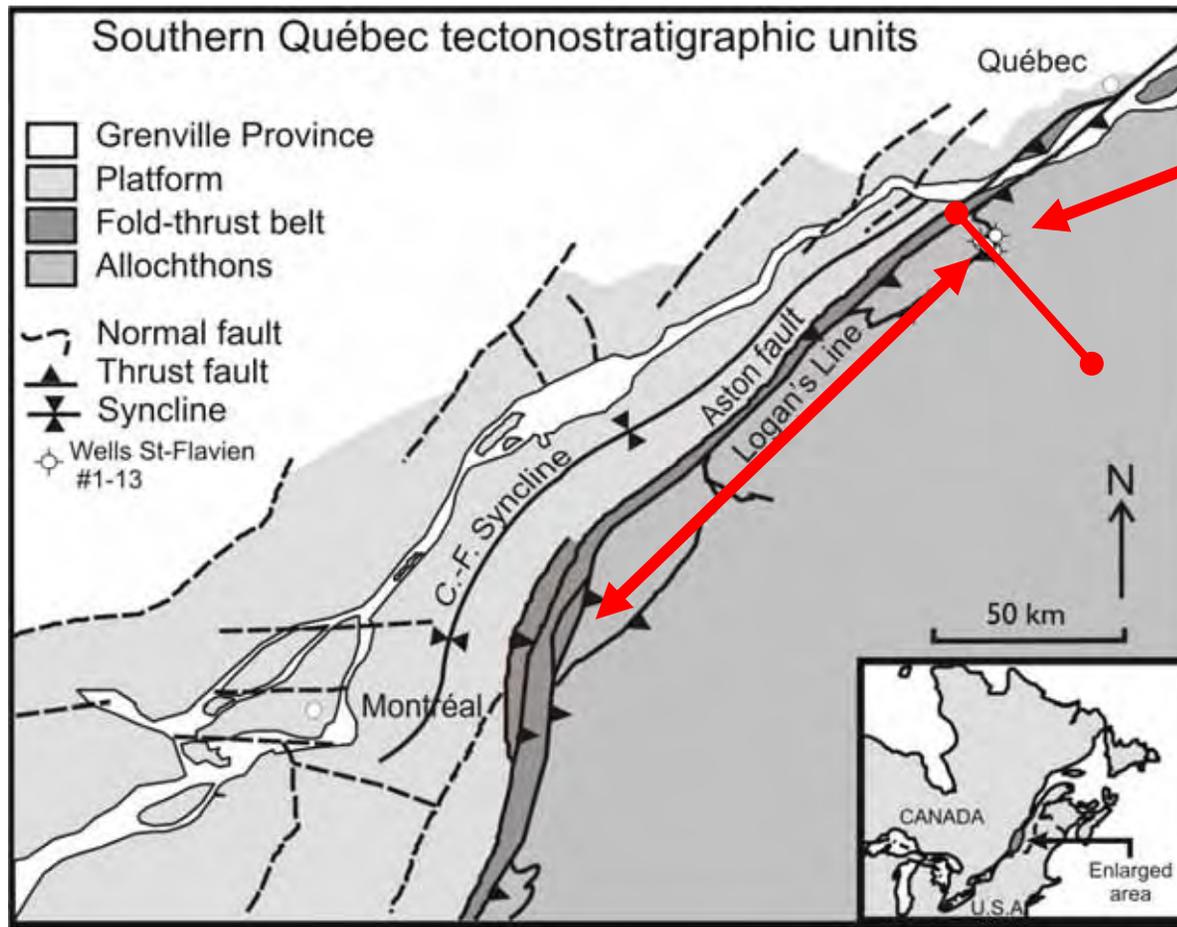


Aquifères salins profonds – Plate-forme du Saint-Laurent

Bécancour



Réservoirs de gaz et pétrole – Appalaches – sud du Québec



Saint-Flavien

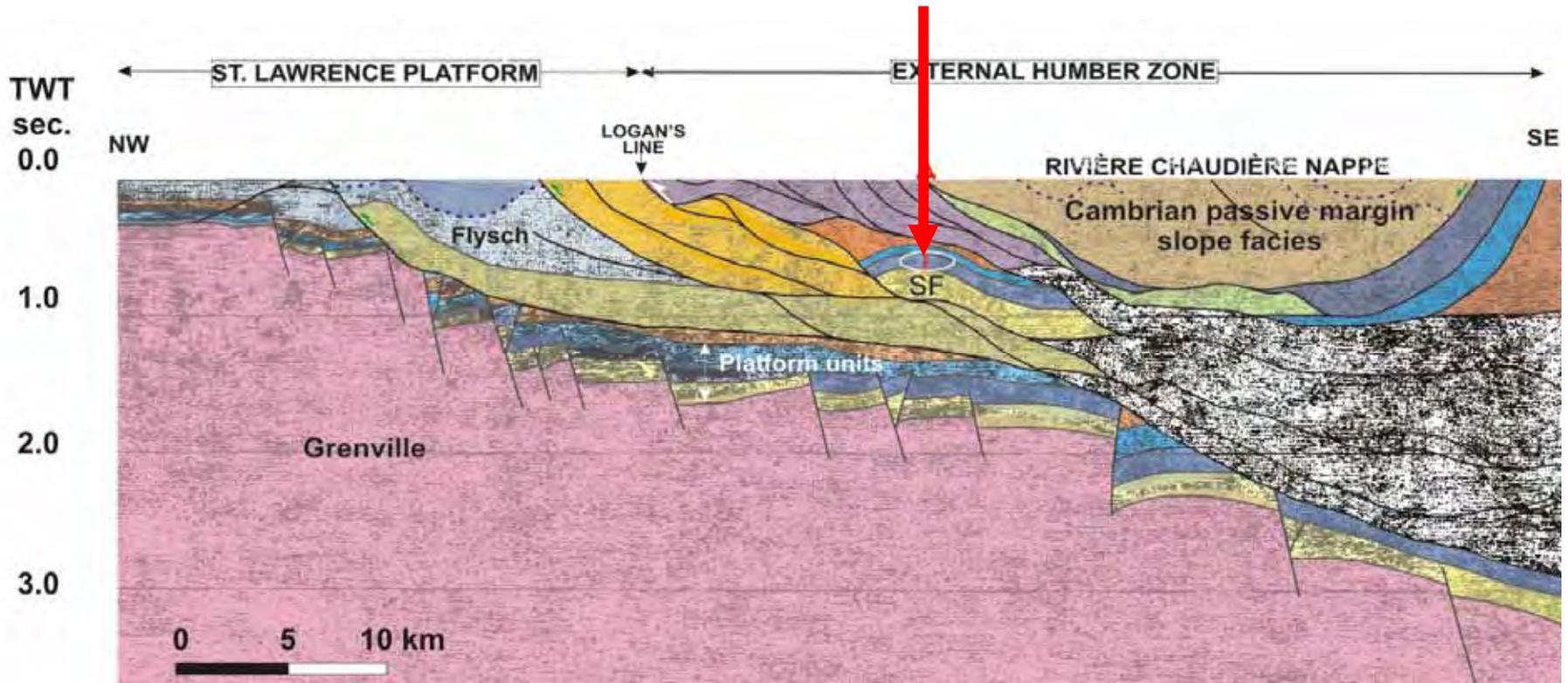
+

**autres
propects le
long de la
Ligne Logan**



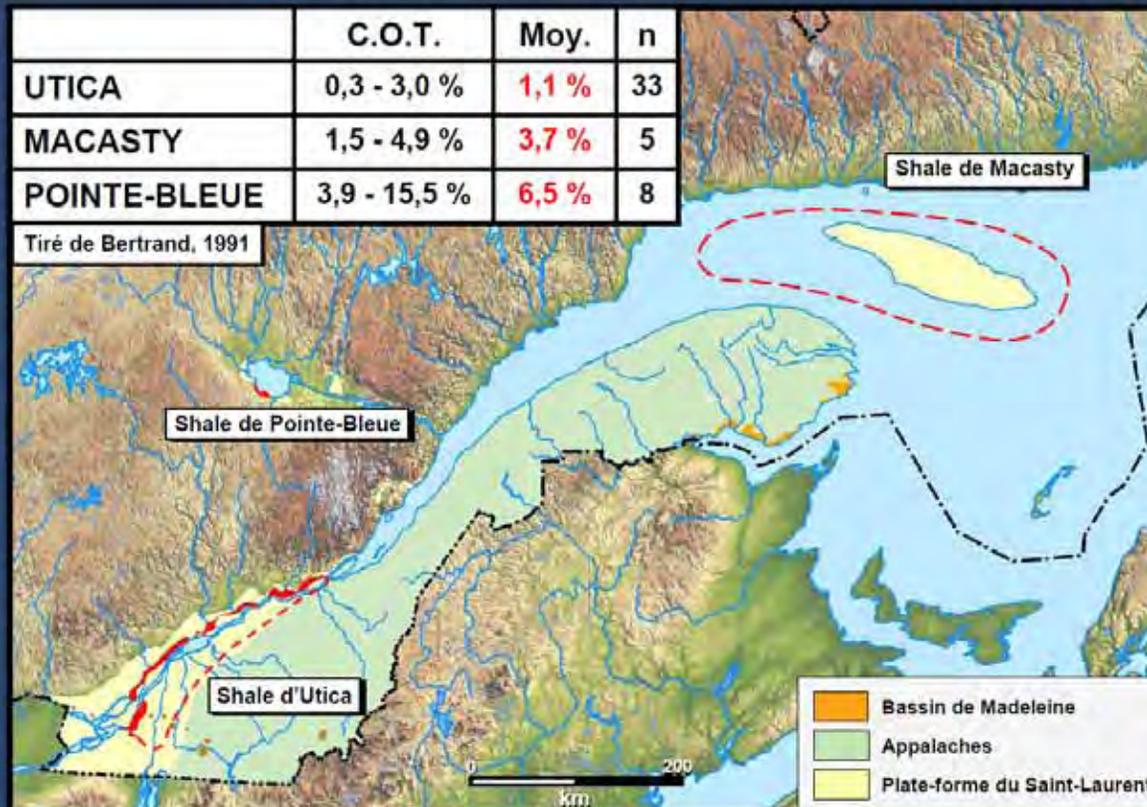
Réservoirs de gaz et pétrole – Appalaches – sud du Québec

Saint-Flavien



Réservoirs de gaz et pétrole Plate-forme du Saint-Laurent

Shales gazéifères ordoviciens au Québec



Séquestration du CO₂ dans les *shale gas* du Kentucky

- Test sur des carottes et des cuttings de shales dévoniens
- Adsorption de 19 à 86 pi³ de CO₂ / tm de shale (à 400 psi)
- Capacité de séquestration
 - 5.3 milliards de tonnes de CO₂ dans le Membre de Lower Huron du Ohio Shale
 - 28 milliards de tonnes de CO₂ dans les shales dévoniens plus profonds et plus épais
- Utilisation potentielle des shales pour la séquestration géologique du CO₂
- Utilisation potentielle du CO₂ pour récupération assistée de gaz (EGR)
- Réf. Nuttal *et al.* 2005; *AAPG Annual Convention, Calgary*
- Essai au laboratoire pour tester le concept, mais pas à l'échelle du réservoir (Vermylen *et al.*, 2008; *AGU Fall meeting*)



Principaux objectifs de la chaire

- **Évaluer le potentiel de stockage du CO₂ dans les environnements géologiques au Québec**
- **Tester des sites**
- **Former du personnel qualifié**

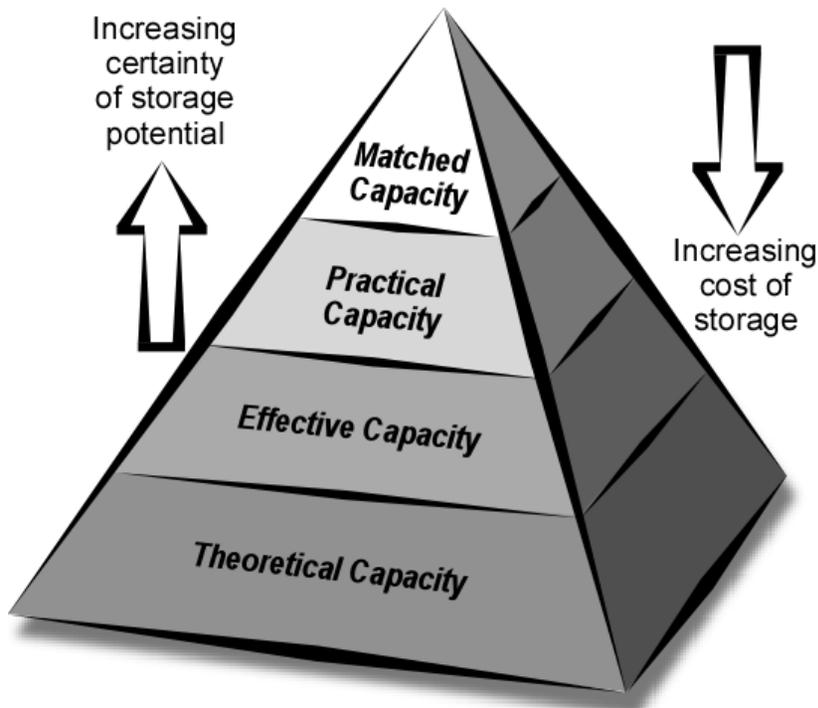


Évaluation des capacités de stockage

- ***Technical Committee of the National Atlas of CO₂ Storage capacity in Canada***
- ***Approach and Data Needs for the Production of the National Atlas of CO₂ Geological Storage Potential and Capacity in Canada (Bachu et al., 2009)***



Estimation selon le concept de la pyramide de ressource-réserve technico-économique pour la capacité de stockage du CO₂ présenté par le *Carbon Sequestration Leadership Forum* en 2007 et Bachu *et al.* (2007)



● **Couplée**

- Proximité avec un grand émetteur de CO₂

● **Pratique**

- Contraintes légales et/ou économiques, de réglementation, d'infrastructures (domaine minier = réserves)

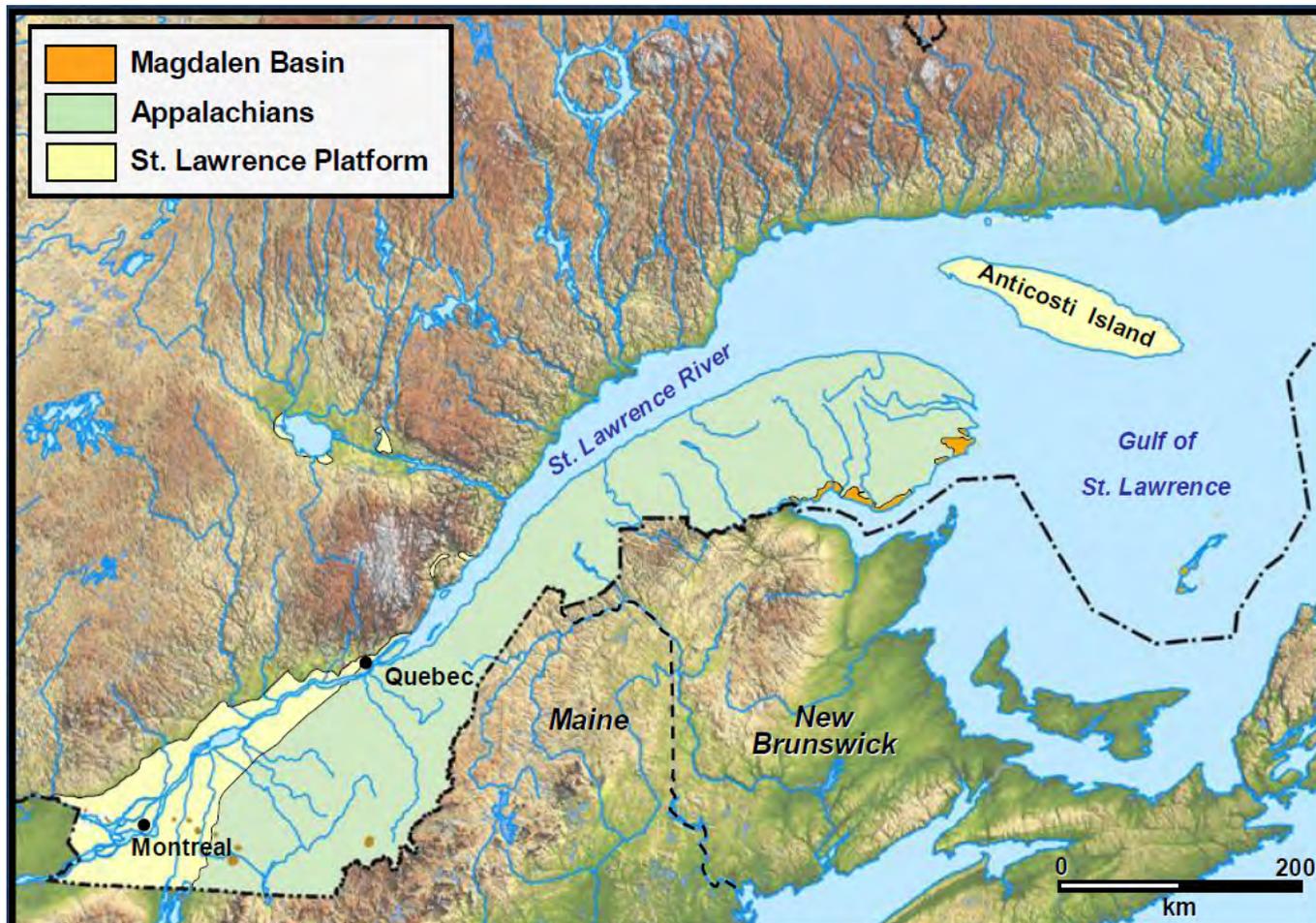
● **Effective**

- Contraintes géologiques et d'ingénierie (domaine minier = ressources)

● **Théorique**

- Tout le volume d'un bassin sédimentaire (capacité maximale de la porosité, dissolution maximale en aquifères)

Choix du bassin de la plate-forme du Saint-Laurent - région des Basses-Terres du Saint-Laurent



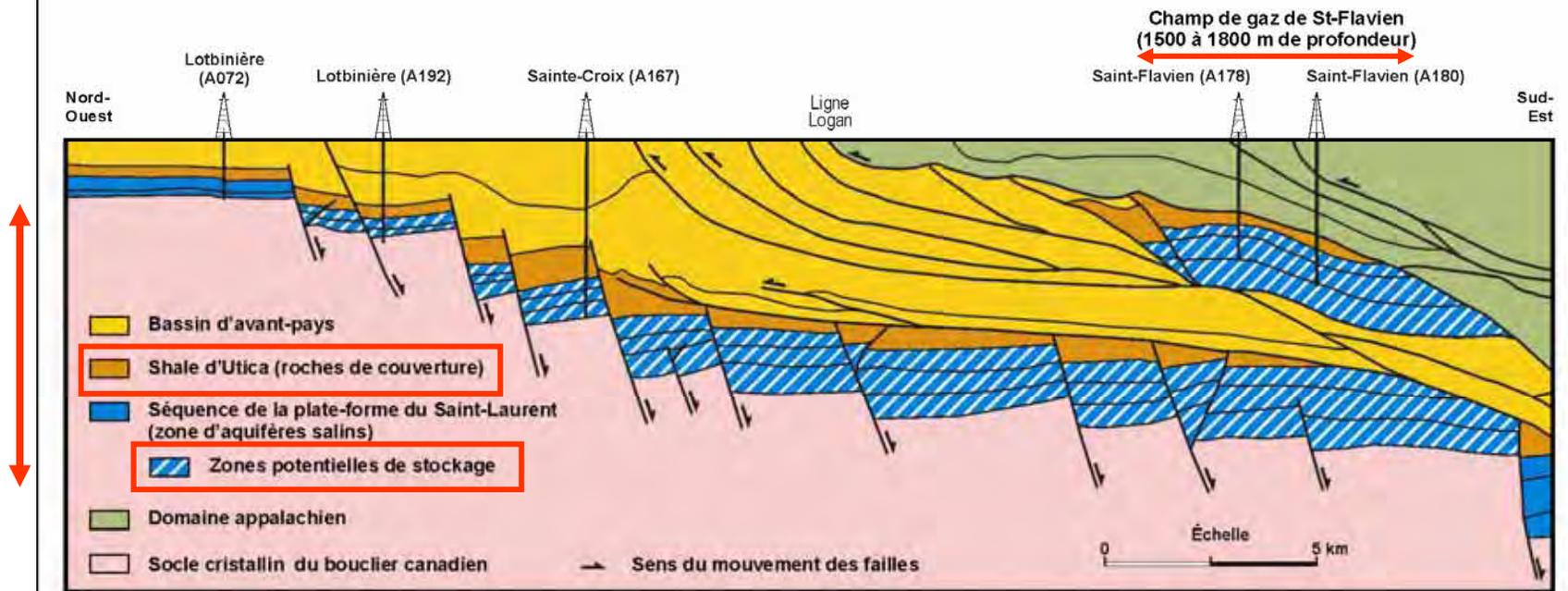
Source – R. Thériault, MRNF-Québec

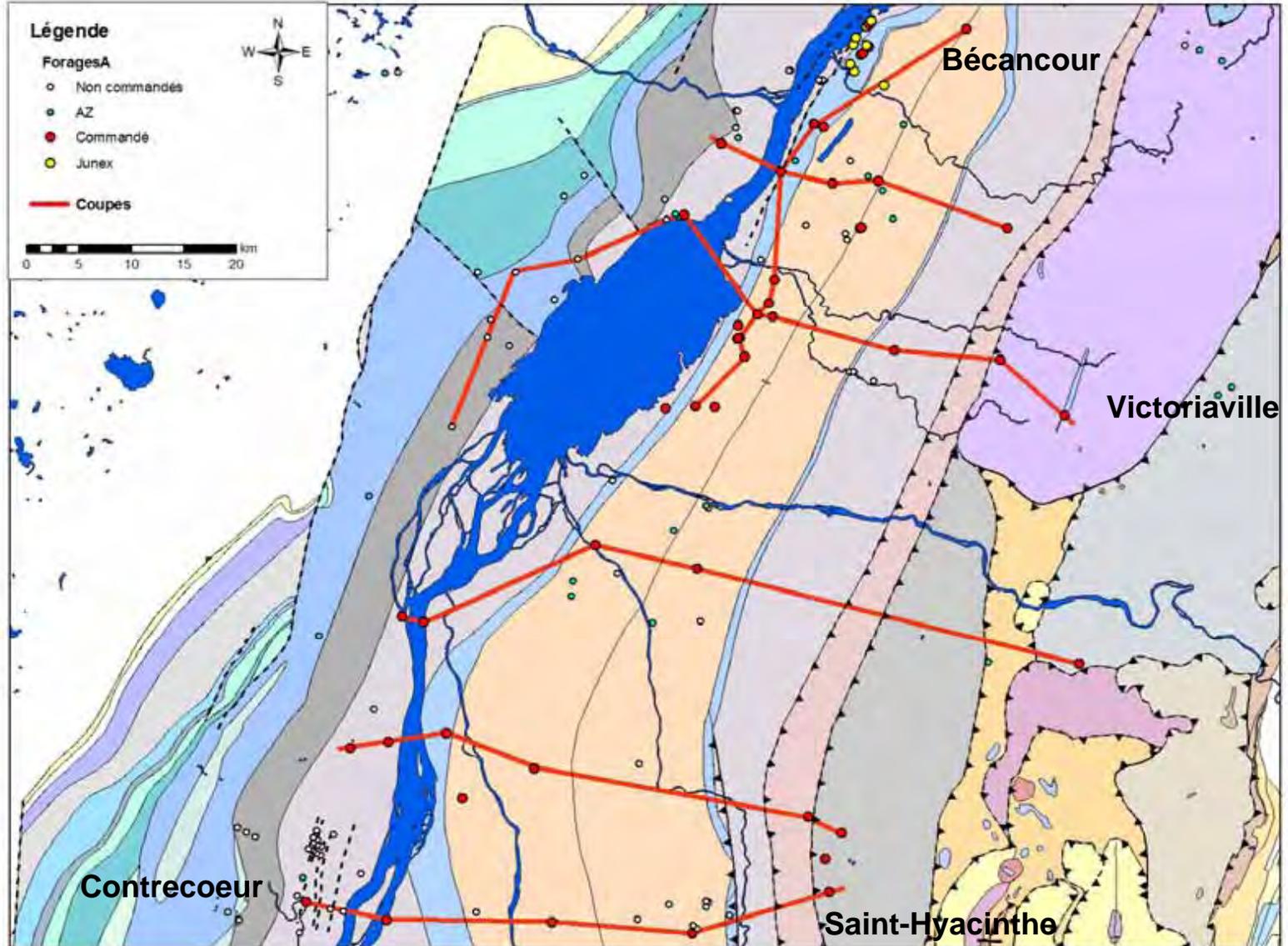
http://sigpep.mrnf.gouv.qc.ca/gpg/images/collectionInterne/presentation_orale/aapg_septembre_2007.pdf

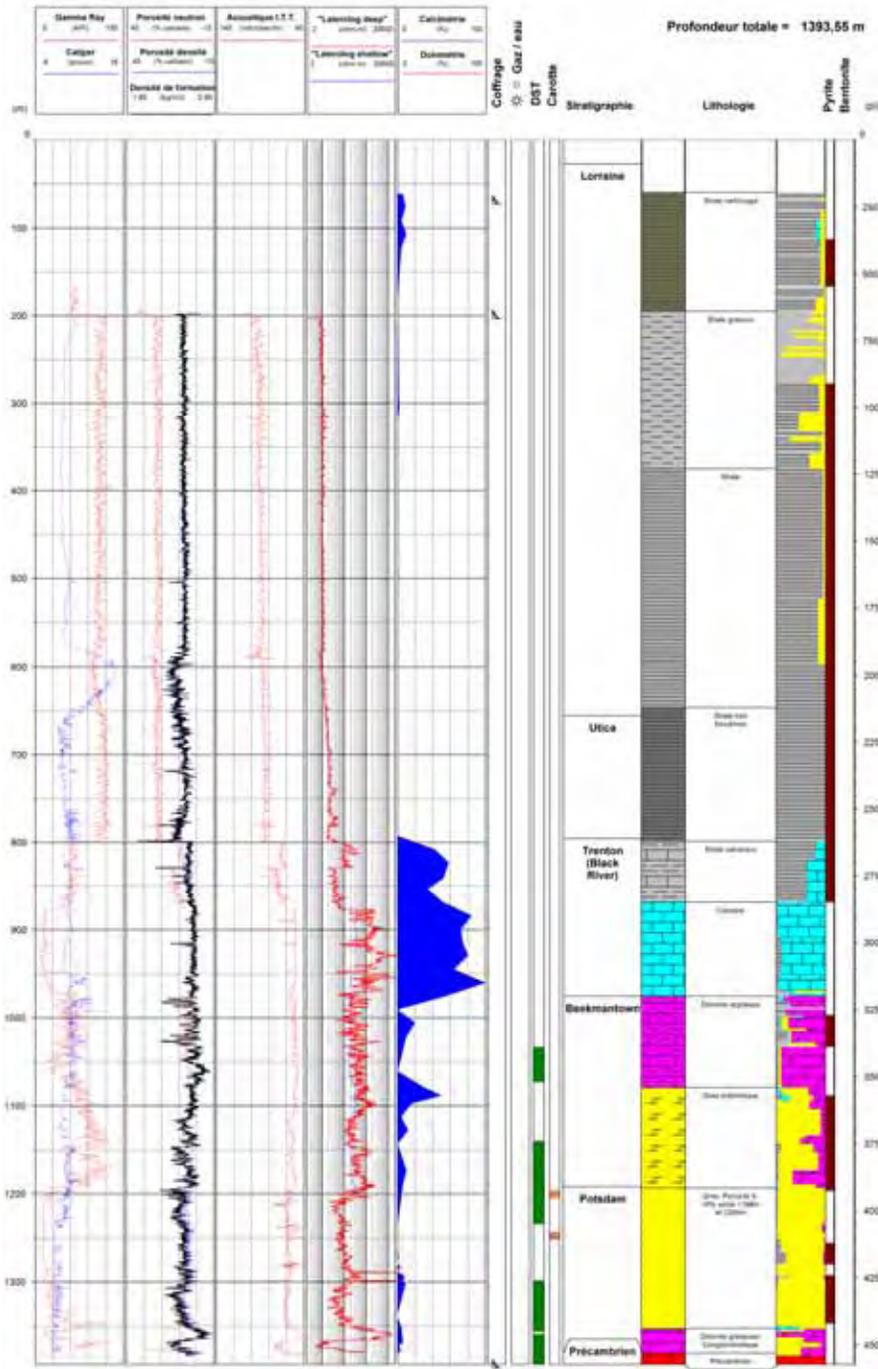
Capacité effective – contraintes géologiques

profondeur – roche couverture

Zones potentielles de stockage du CO₂ en profondeur
selon une coupe géologique au sud du Fleuve Saint-Laurent



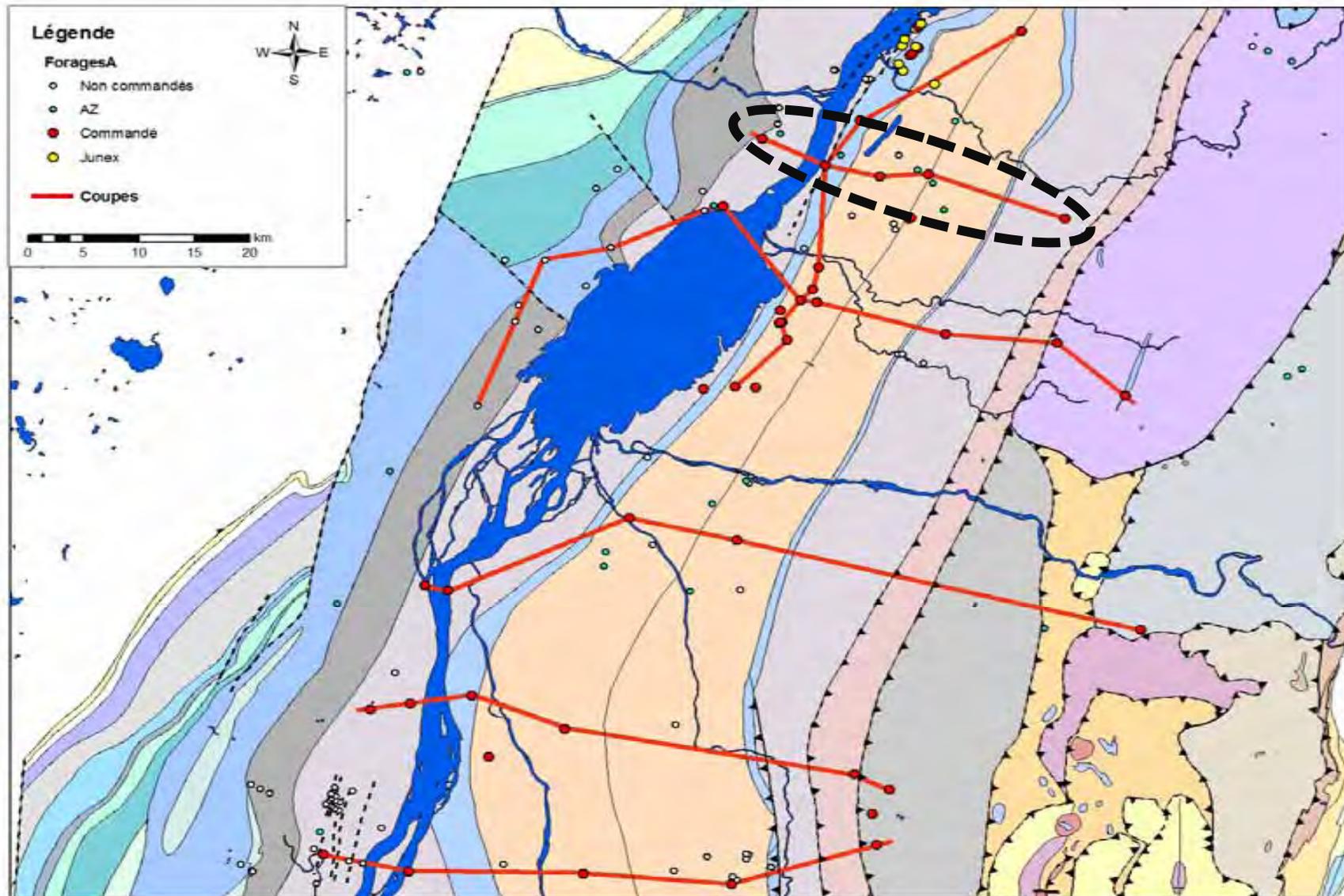




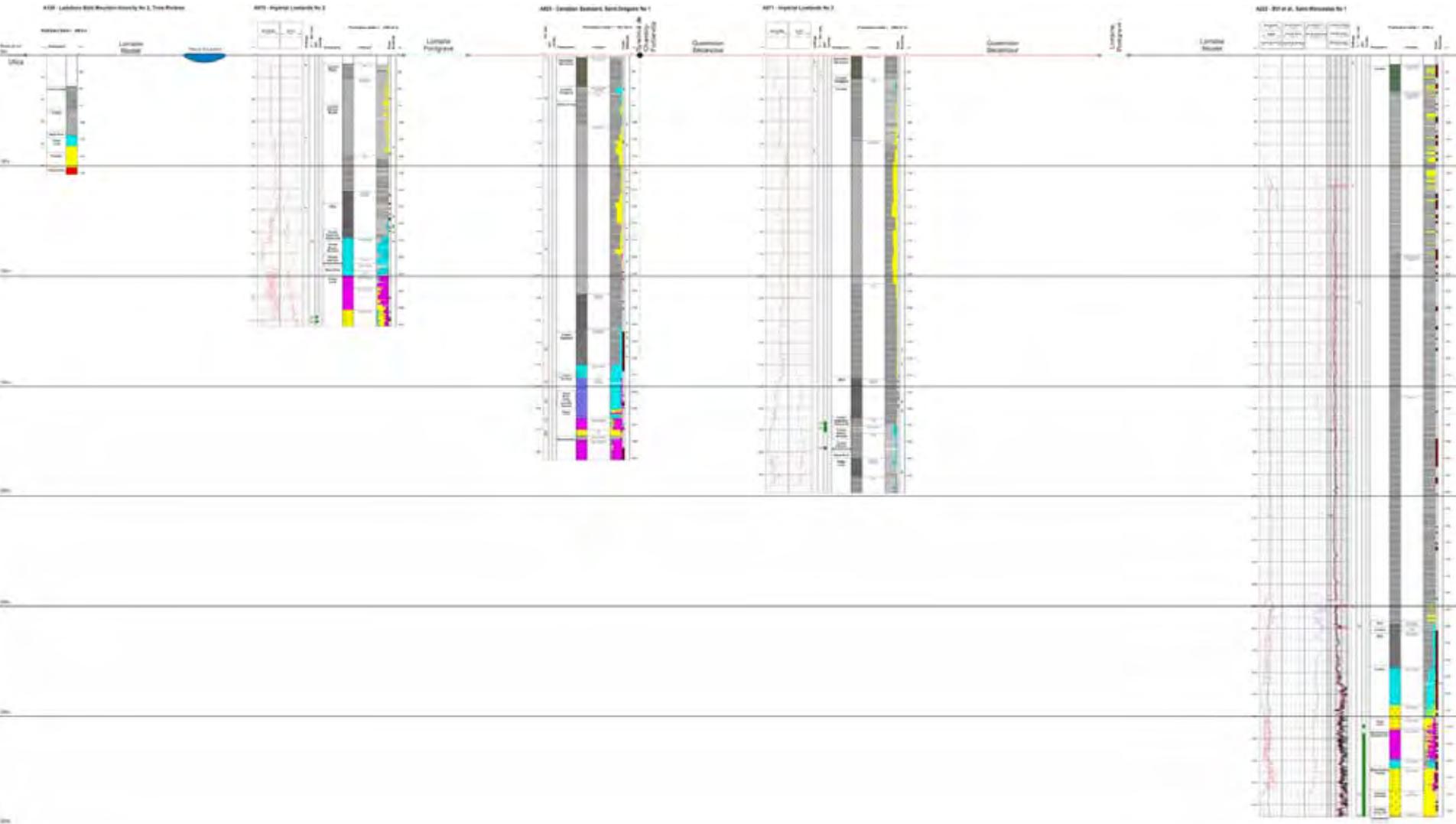
Compilation des forages

- Logs composites des forages pertinents





Coupe Trois-Rivières – Saint-Wenceslas



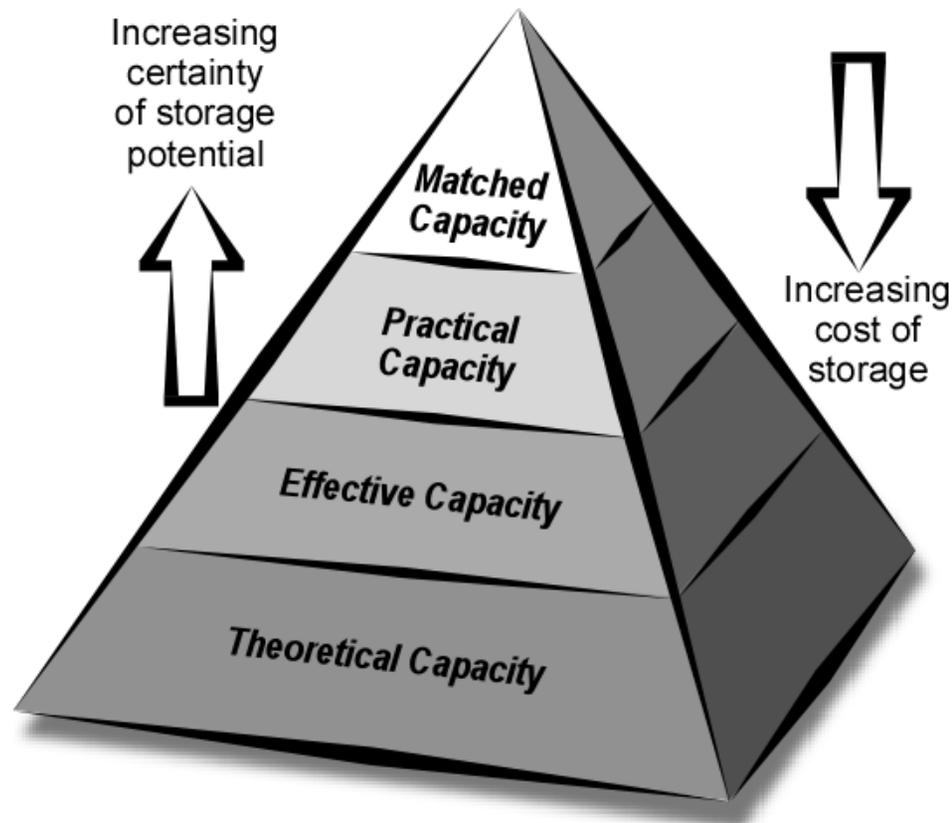
Basses-Terres – travaux planifiés

- **Calcul de la capacité théorique pour l'ensemble du bassin de la plate-forme du Saint-Laurent**
- **Calcul de la capacité effective du secteur choisi :**
Bécancour – Victoriaville – Saint-Hyacinthe – Contrecoeur
 - corrélation entre les puits de cette région
 - intégration des lignes sismiques
 - création d'un modèle géologique 3D du secteur



Capacité couplée – contrainte de proximité

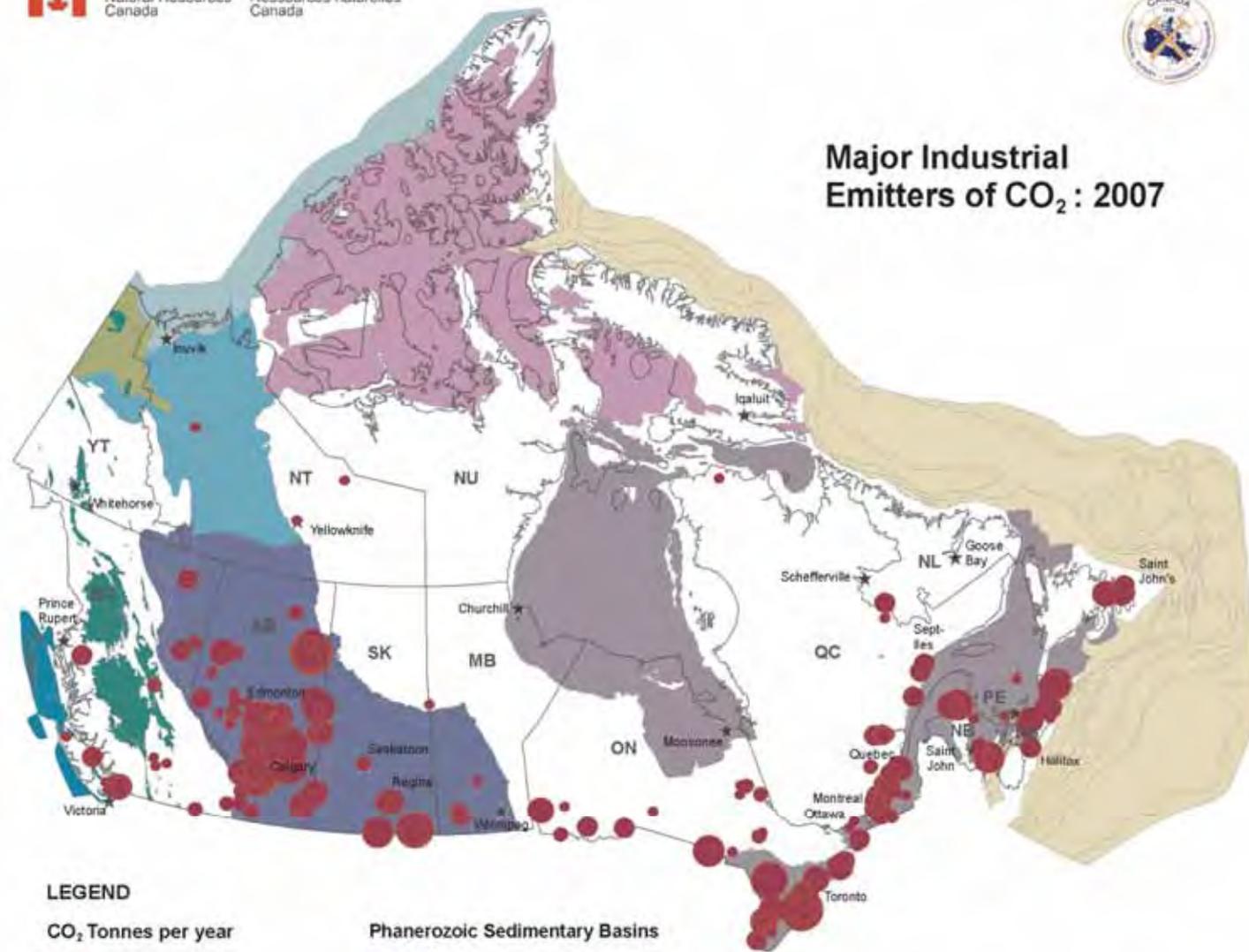
Où sont les émissions de CO₂ au Québec ?





Major Industrial Emitters of CO₂ : 2007

Les grands émetteurs au Canada en relation avec les bassins sédimentaires



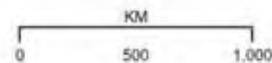
LEGEND

CO₂ Tonnes per year

-  100,000 - 250,000
-  250,000 - 500,000
-  500,000 - 1,000,000
-  1,000,000 - 2,500,000
-  2,500,000 - 5,000,000
-  5,000,000 - 10,000,000
-  10,000,000 - 25,000,000

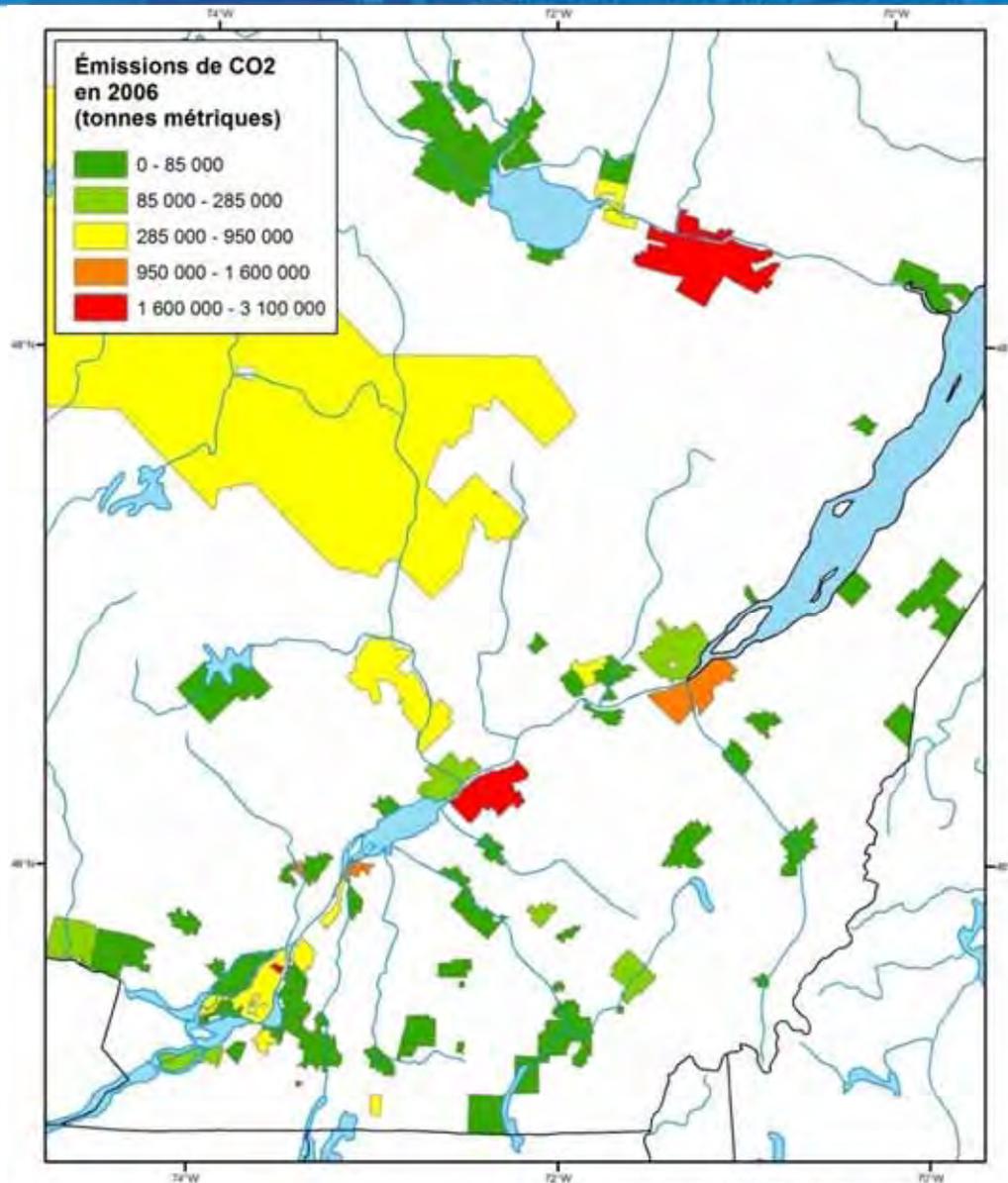
Phanerozoic Sedimentary Basins

-  Arctic Islands Basin
-  Arctic Margin Basin
-  Eastern Canada Offshore Basin
-  Eastern Cratonic Basin
-  Intermontane Basin
-  Northern Interior Platform
-  Northern Yukon Fold Complex
-  Pacific Margin Basin
-  Western Canada Sedimentary Basin



Émissions de CO₂ en 2006 par municipalité

zoom sur le sud du Québec



Principaux objectifs de la chaire

- **Évaluer le potentiel de stockage du CO₂ dans les environnements géologiques au Québec**
- **Tester des sites Bécancour**
- **Former du personnel qualifié**



Site de Bécancour – travaux en cours

- **Caractérisation du site**
 - **évaluation des données existantes (géologiques, sismiques)**
 - **corrélations stratigraphiques (diagraphie et sismique)**
 - **caractérisation des réservoirs (porosité, perméabilité, pression)**
 - **réactivité minérale des roches réservoirs au CO₂sc**
 - **capacité géomécanique des roches de couverture**
- **Acquisition de nouvelles données sismiques**
- **Construction de modèles 3D géologiques et hydrogéologiques**
- **Modélisation et simulation de réservoir – choix d'un site d'injection**
- **Détermination de la concentration naturelle du CO₂ (air, sol, aquifères peu profonds)**



Site de Bécancour – travaux planifiés

- **Étude des aspects de réglementation**
- **Développement des procédures pour le Monitoring et la Vérification (*M&V procedures*)**
 - monitoring dans l'atmosphère
 - monitoring des aquifères peu profonds
 - monitoring des gaz dans les sols
 - programmes de traçage
 - échantillonnage des fluides dans les puits
 - monitoring sismique (surface et puits)
- **Développement d'un programme de communication (vulgarisation) pour le grand public**



Expertise des membres attitrés à la chaire

- **Bernard Giroux, professeur – géophysique**
- **Karine Bédard, agente de recherche – géologie, modélisation 3D**
- **Elena Konstanstinovskaya, associée de recherche - géologie, modélisation analogique**
- **Yves Duchaine, consultant en géologie pétrolière - géologie, diagraphie, sismique**
- **Jean-Philibert Moutenet, agent de recherche, cadre légal des technologies du CSC**
- **Linda Aubert, secrétariat**



Expertise des collaborateurs internes au CGQ

- **Mathieu Duchesne, CGC – géophysique**
- **Erwan Gloaguen, INRS – géophysique**
- **Denis Lavoie, CGC – analyse de bassin**
- **René Lefebvre, INRS – hydrogéologie**
- **Richard Martel, INRS - hydrogéologie**
- **Miroslav Nastev, CGC – hydrogéologie**
- **Claudio Paniconi, INRS – hydrogéologie**
- **Marc Richer-Lafèche, INRS – géochimie, géophysique**
- **Normand Tassé, INRS – diagenèse**

- **Maxime Claprod, stagiaire postdoctoral - géophysique**
- **1 stagiaire postdoctoral - géochimie**
- **2 PhD et 1 MSc – janvier 2010**



SÉQUESTRATION GÉOLOGIQUE DU CO₂

CHAIRE DE RECHERCHE

INRS



Remerciements



collaborateurs externes

*Développement durable,
Environnement
et Parcs*

Québec

