

# Évaluation des impacts potentiels des activités d'exploration et d'exploitation des gaz de shale sur les ressources en eau souterraine à Saint-Édouard-de-Lotbinière

Christine Rivard et Denis Lavoie, chercheurs en géosciences

10 décembre 2015, Saint-Agapit



# Contexte de la recherche à NRCan

## Priorités stratégiques du Secteur des sciences de la terre (SST)

Favoriser la compétitivité des secteurs des ressources naturelles	Promouvoir le développement durable dans le Nord	Promouvoir un développement énergétique respectueux de l'environnement	Des bases scientifiques et techniques solides pour la gestion de l'utilisation des terres, incluant la sécurité et l'intendance
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Initiative géoscientifique ciblée 4 (IGC-4)</li> <li>• Nouvelles sources d'énergie</li> <li>• Innovation en géomatique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limites juridiques du Canada</li> <li>• Géocartographie de l'énergie et des minéraux</li> <li>• Adaptation aux changements climatiques</li> <li>• Programme du plateau continental polaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programme géoscientifique des eaux souterraines</li> <li>• Études et évaluations environnementales</li> <li>• Télédétection visant à renforcer la réglementation du secteur des sables bitumineux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Géorisques et sécurité publique</li> <li>• Information essentielle géographique</li> <li>• SCID et services de géomatique d'urgence</li> </ul>

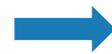
## Programme Géoscience environnementale (PGE)



# Introduction



Un projet a été démarré par la Commission géologique du Canada (CGC) en 2012 dans les Basses-Terres du St-Laurent, pour évaluer les impacts potentiels des activités liées au gaz de schiste sur les aquifères.



unités granulaires ou rocheuses utilisées pour l'approvisionnement en eau

- 28 puits ont été forés dans le Shale d'Utica
- 18 ont été fracturés hydrauliquement

A cause de ce nombre limité de puits, les Basses-Terres du St-Laurent sont considérées comme une région “vierge” quant à la fracturation hydraulique.



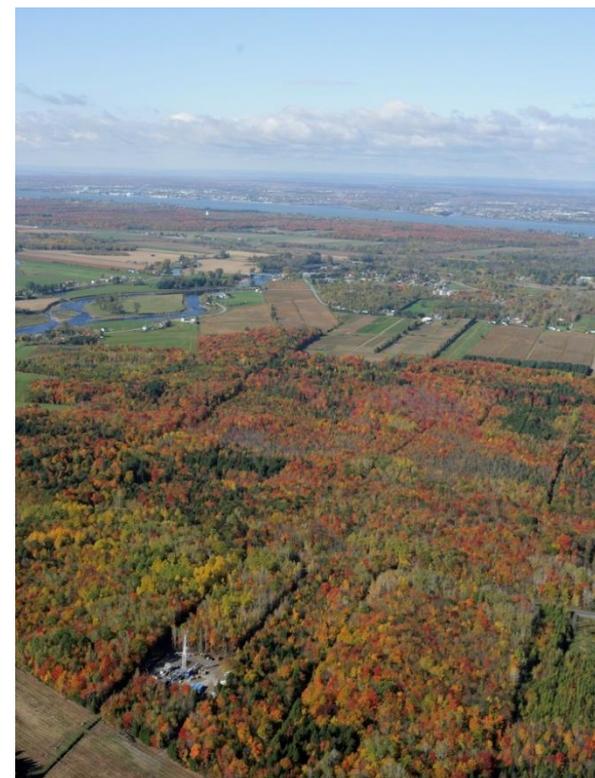
# Introduction

## Objectif du projet:

Étudier la présence de chemins préférentiels naturels, qui pourraient être créés ou accentués par la fracturation hydraulique, pour **évaluer la vulnérabilité des aquifères**.

## Partenaires:

- Municipalité de Saint-Édouard et la MRC de Lotbinière
- Institut national de la recherche scientifique (INRS)
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)
- Ministère des Ressources naturelles du Québec (MRN)
- Université d'Ottawa



St-Édouard

Fin de l'étude: 31 mars 2016



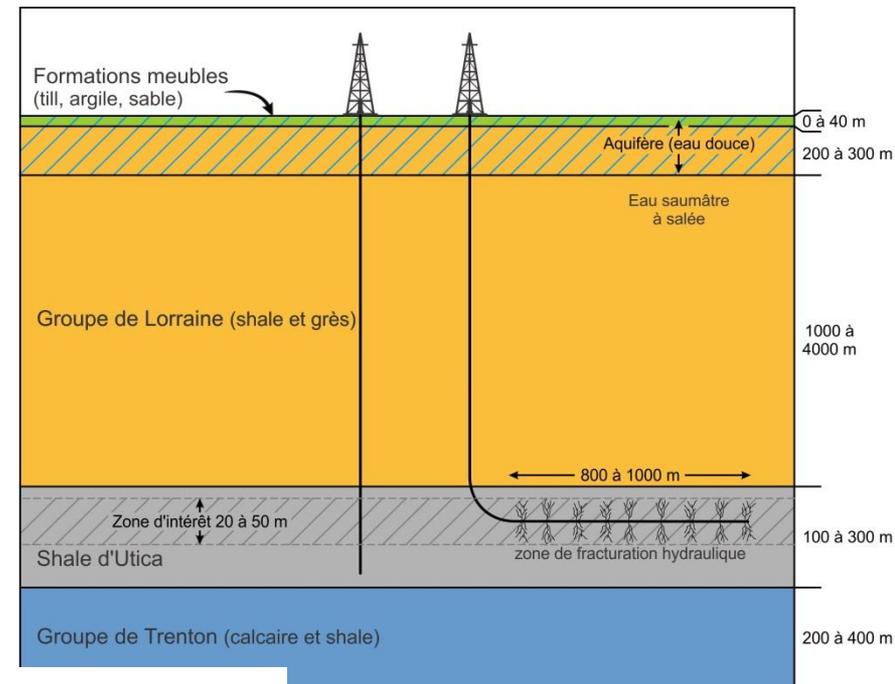
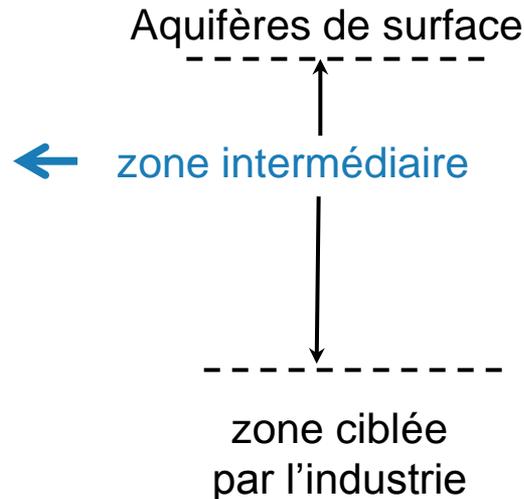
# Introduction

## Problématique générale:

Les liens possibles entre les unités géologiques présentant un potentiel pour le gaz de schiste et les aquifères superficiels sont très peu documentés.

Une connexion n'est pas présumée possible sans la présence de discontinuités perméables (zones de fractures ou failles) fournissant un chemin préférentiel.

Peu de données disponibles  
 ↓  
 utilisation de données indirectes  
 ↓



géophysique, géomécanique, hydrogéologique et géochimique





# Introduction

## Justification de la zone d'étude:

Une zone d'étude de **600 km<sup>2</sup>** à St-Édouard a été sélectionnée parce qu'elle est:

- ✓ située au-dessus du Shale d'Utica → caractérisé par l'absence de production jusqu'à présent
- ✓ dans une zone où l'eau souterraine représente une source importante d'approvisionnement pour l'eau potable
- ✓ centrée sur un site exploré par l'industrie pour lequel des données variées sont disponibles
- ✓ population abondante.

Le puits de St-Édouard est celui qui a fourni les meilleurs résultats d'essais de production dans les Basses-Terres.

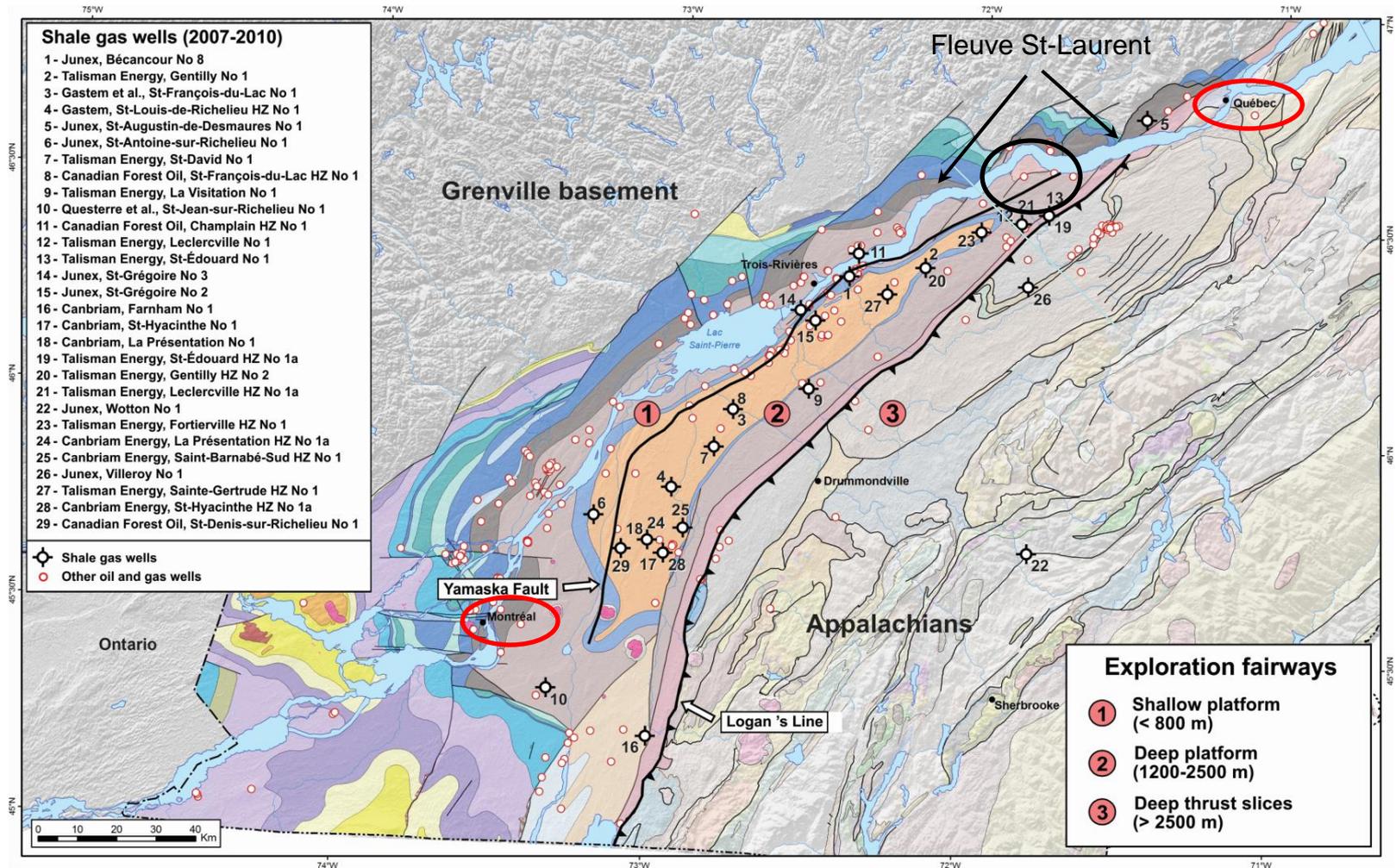


Puits de St-Édouard

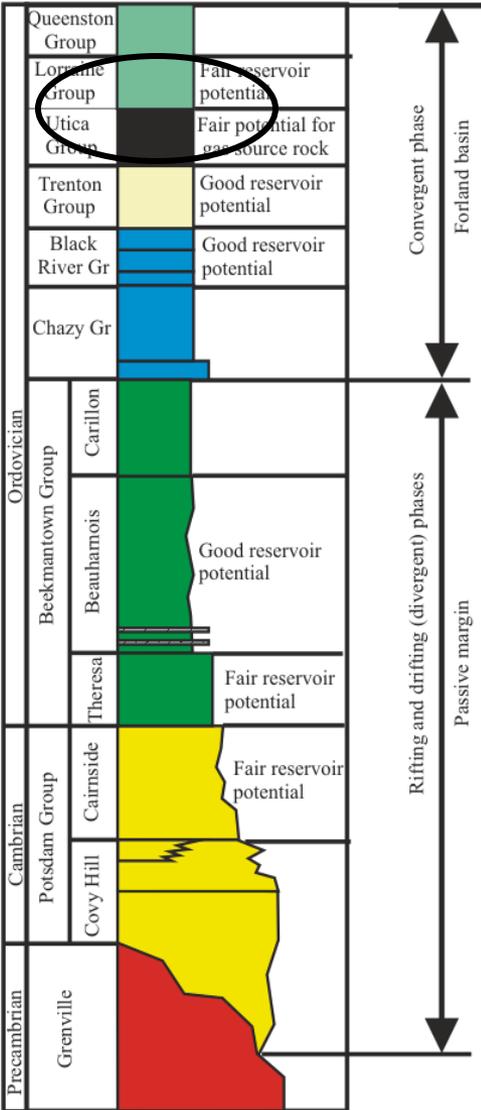


# Introduction

## Localisation de la zone d'étude:



# Contexte géologique



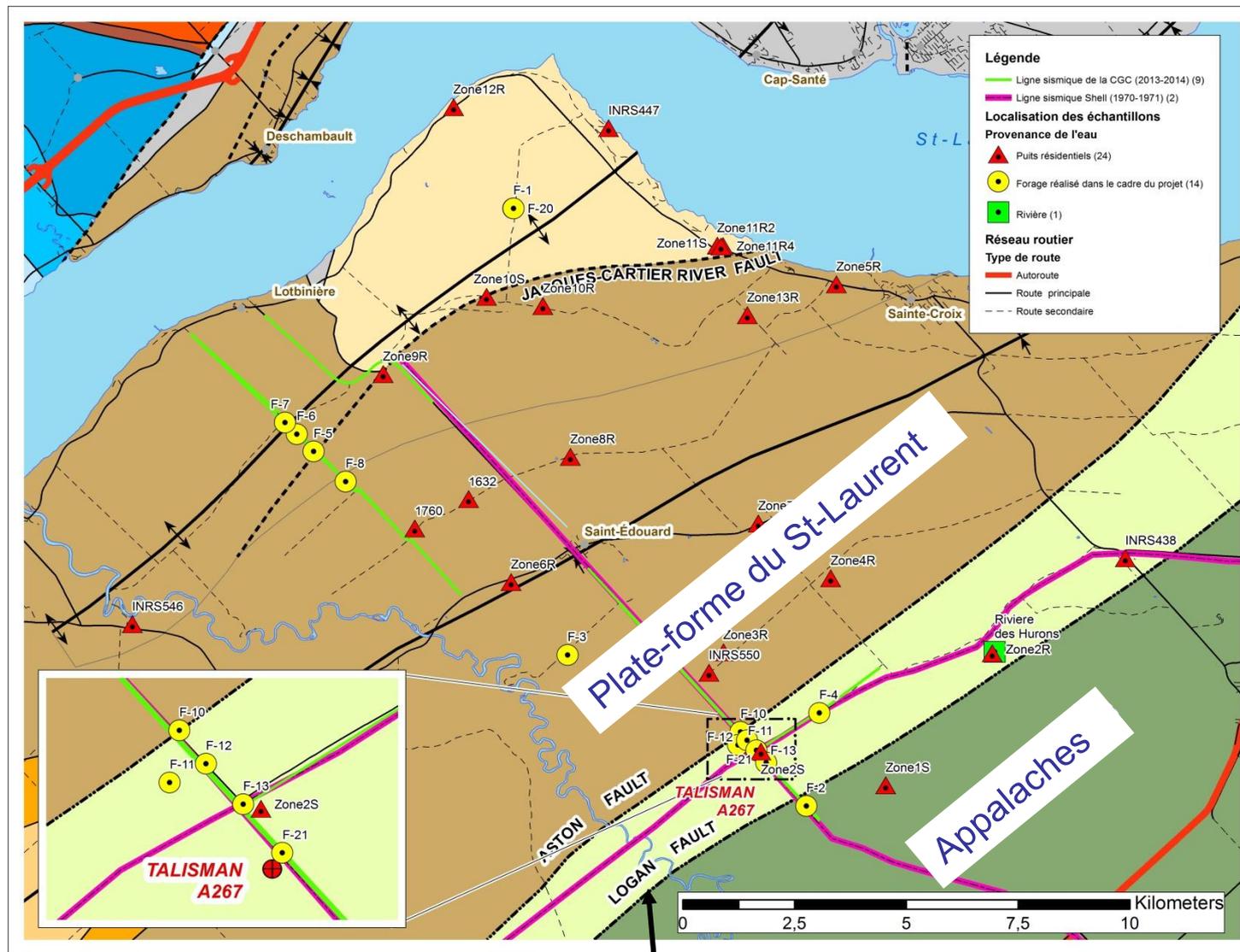


# Travaux de terrain

- Forages: 15 puits, dont 8 sont carottés  
Profondeurs de 30 à 150 m, la plupart : 50 m
- Échantillonnage de l'eau de nos puits et de 30 puits résidentiels
- Suivi (monitoring): dans 5 puits d'observation et deux puits résidentiels : méthane, éthane et propane.
- Diagraphies et essais hydrauliques dans nos puits
- Levés structuraux
- Levés de sismique de surface



# Travaux de terrain: localisation



# Travaux de terrain - campagne d'échantillonnage

## Eau souterraine



Échantillonnage d'un puits résidentiel à partir d'un robinet extérieur



Échantillonnage d'un puits sans pompe

L'eau souterraine dans cette région contient beaucoup de gaz:



# Travaux de terrain - campagne d'échantillonnage

## Eau souterraine

Précaution à prendre pour affecter le moins possible les concentrations:

- Échantillonner à très **faible débit** (pour avoir très peu de rabattement)
- **Remplir les bouteilles sous l'eau**, dans une chaudière
- Utiliser des bouchons avec **septa résistants** →



- Suivi dans le temps: toujours utiliser la **même méthode d'échantillonnage**, la **même profondeur** et le **même diamètre de tuyau**
- **Analyser rapidement** les échantillons



Concentration minimale



# Travaux de terrain - campagne d'échantillonnage

## Carottes de roche



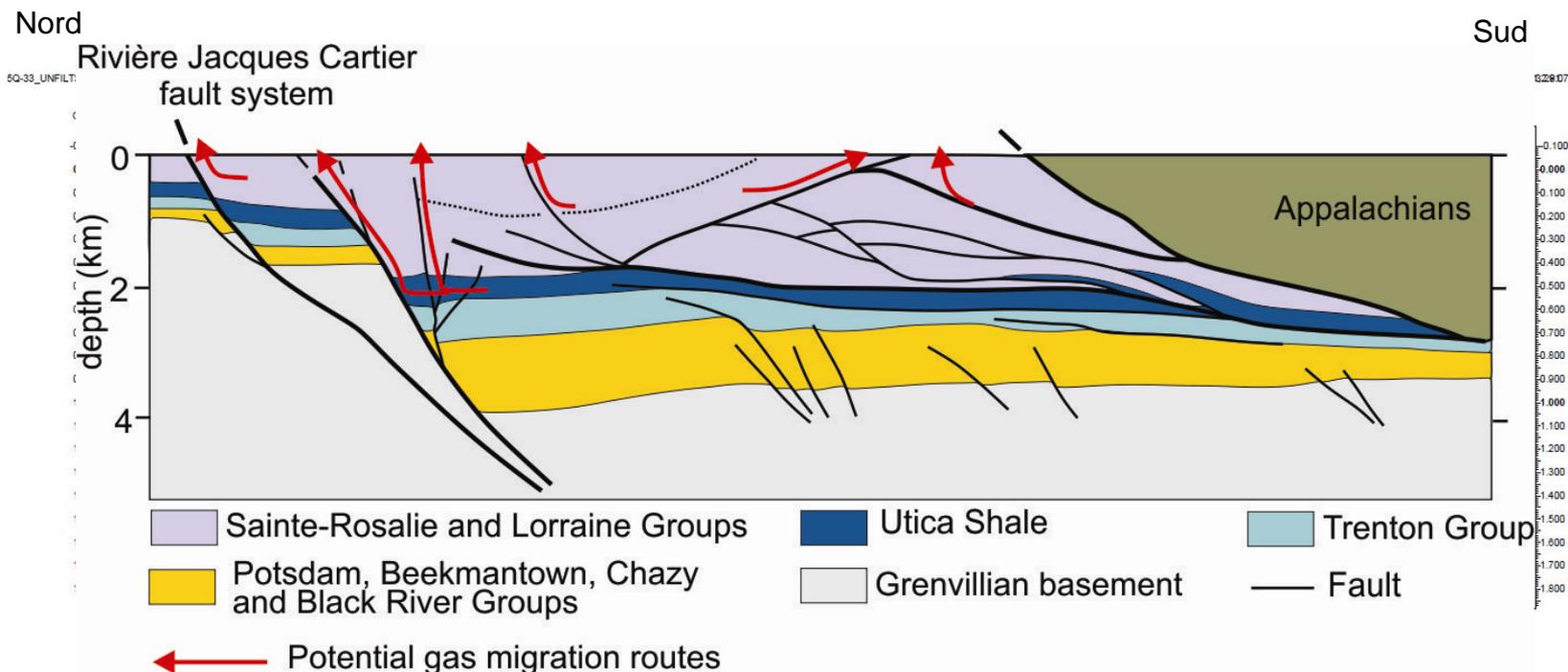
Mise des carottes dans les isojar



Mise des carottes dans des sacs sous vide

# Résultats préliminaires - Étude géophysique

Les données de sismiques profondes ont montré la **présence de chemins de migration potentielle**.

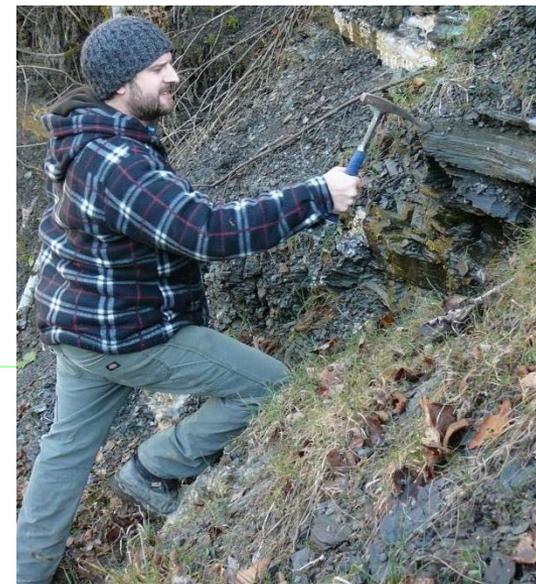
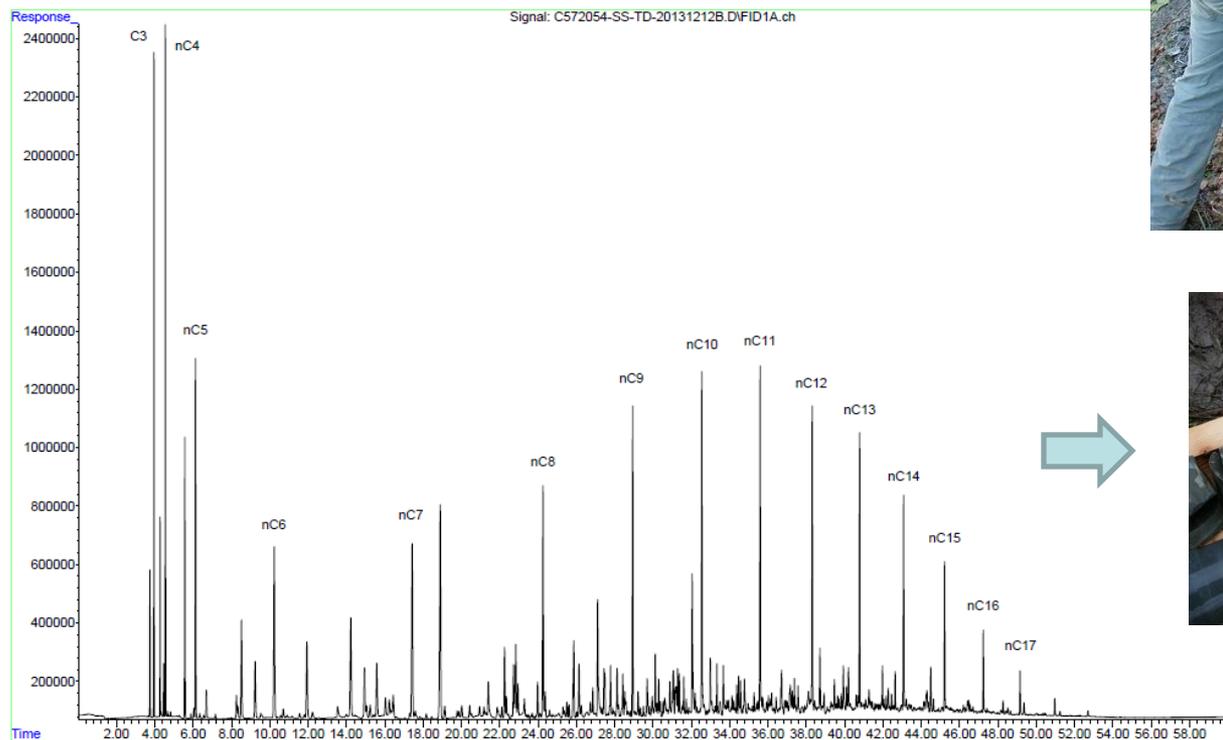


Les zones de failles n'ont pas pu être localisées avec les **levés de sismique peu profonds (< 1 km)**, parce que la majorité de l'énergie était convertie en ondes guidées, induites par une mince couche de sédiments meubles recouvrant des roches sédimentaires ayant une vitesse élevée.

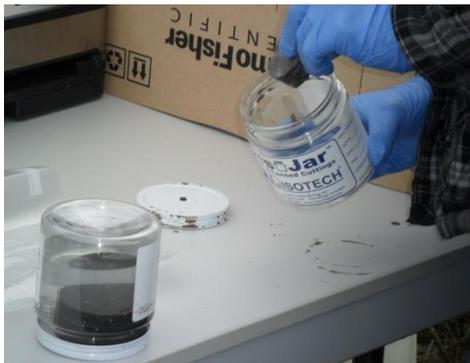
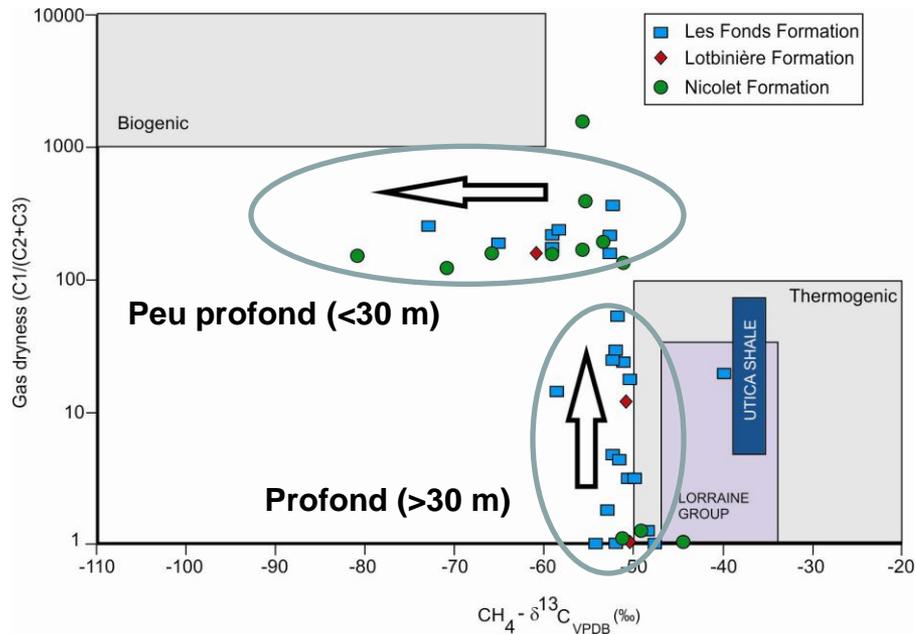
# Résultats préliminaires – Étude géochimique (roc)

Concentrations d'hydrocarbures dans les échantillons de roche

2013: Puits F1 (juste après le broyage)

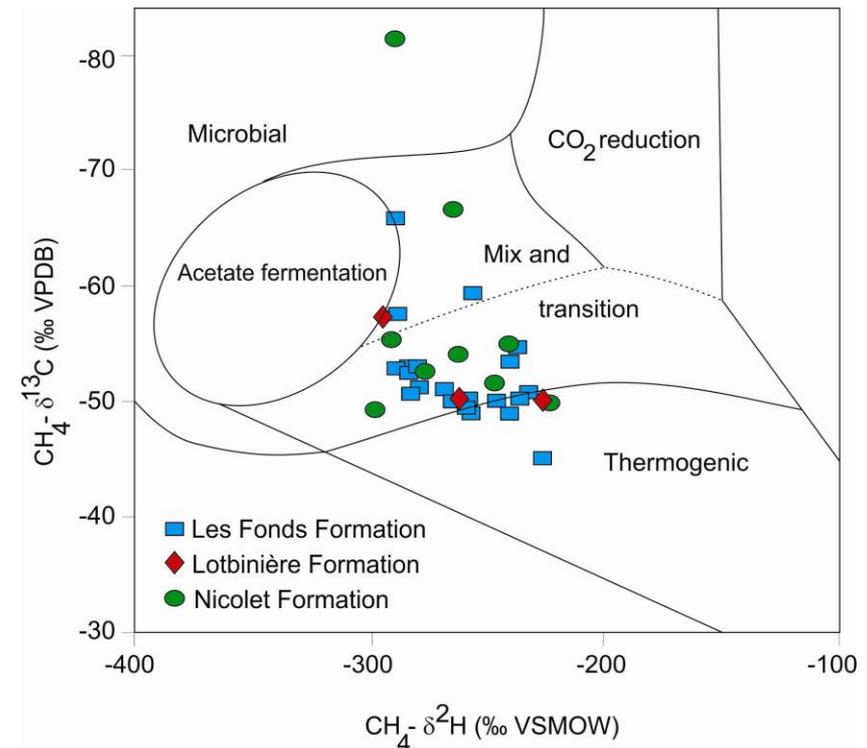


# Résultats préliminaires – Étude géochimique (roc)



$\text{CH}_4$ : méthane

Isotopes de carbone ( $^{13}\text{C}$ ) et de l'hydrogène ( $^2\text{H}$ ) du méthane dans les carottes de roche



# Résultats préliminaires – Étude géomécanique

Une étude géomécanique a été effectuée en utilisant les **diagaphies de 3** puits de gaz de shale et de 4 autres puits abandonnés dans la région de St-Édouard.

## Principales conclusions

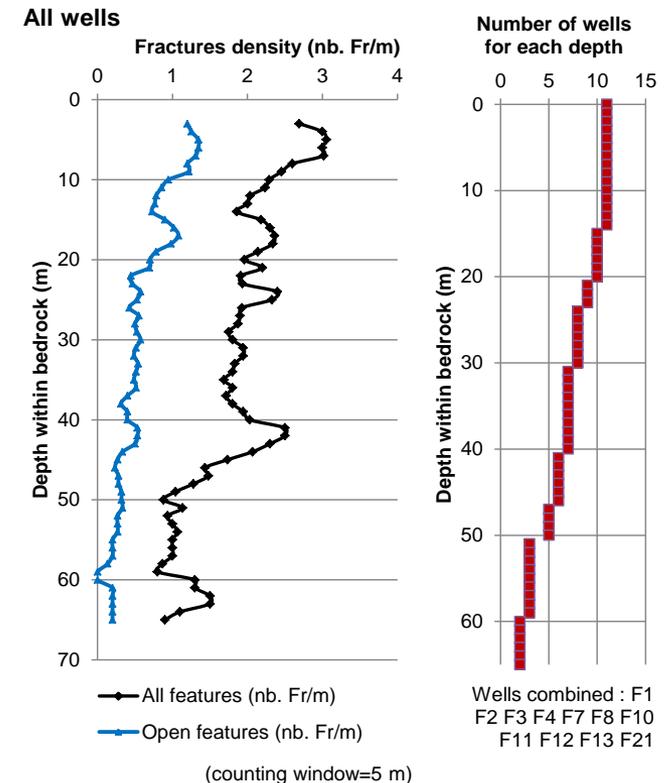
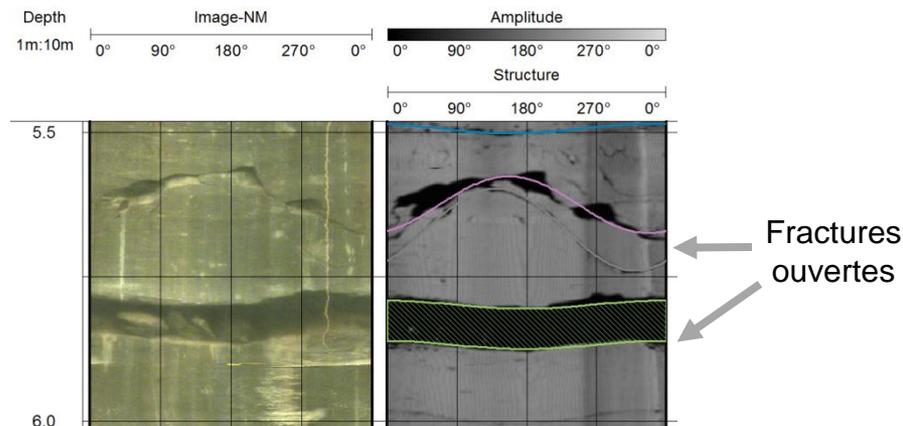
- 1) A partir des propriétés géomécaniques, la zone intermédiaire semble représenter une barrière efficace à la propagation des fractures induites et donc, **fournir une protection efficace** pour les aquifères en surface.
- 2) La **densité des fractures ouvertes est très faible** et donc, le risque de connexion avec la surface l'est aussi.
- 3) Des **réseaux de fractures plus denses** peuvent se développer **à proximité de certaines failles de chevauchement**. ➡ Malgré le fait qu'elles soient souvent scellées, des précautions devraient être prises lors des forages et la FH devrait être évitée dans ces zones.



# Résultats préliminaires – Étude hydrogéologique

Les diagraphies effectuées dans 11 puits d'observation ont montré que la **majorité des fractures** ouvertes étaient situées dans les **30 premiers mètres** du socle rocheux.

Ceci suggère que **l'écoulement de l'eau souterraine est très superficiel**.

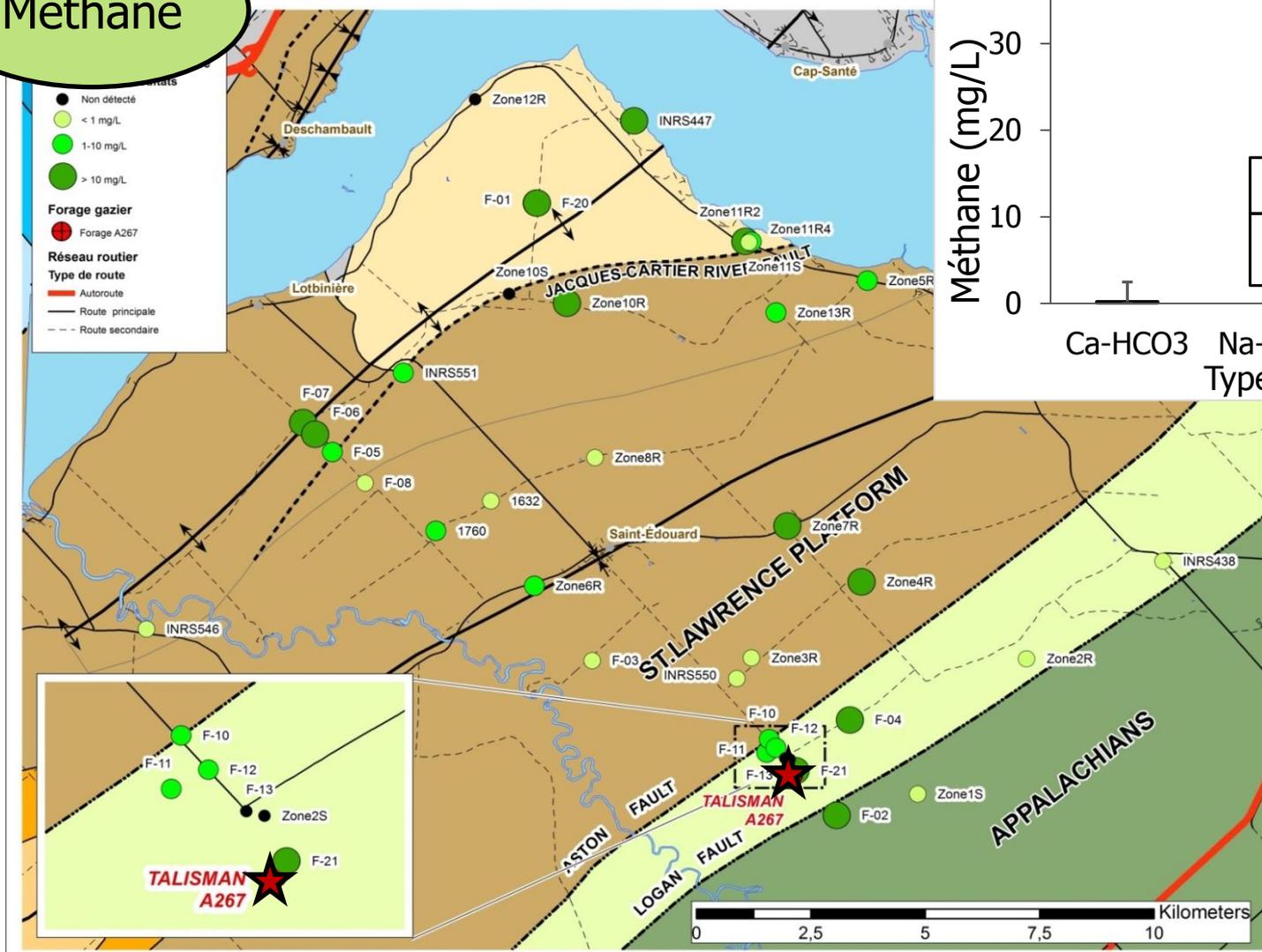


Essais hydrauliques pour estimer la **perméabilité**:

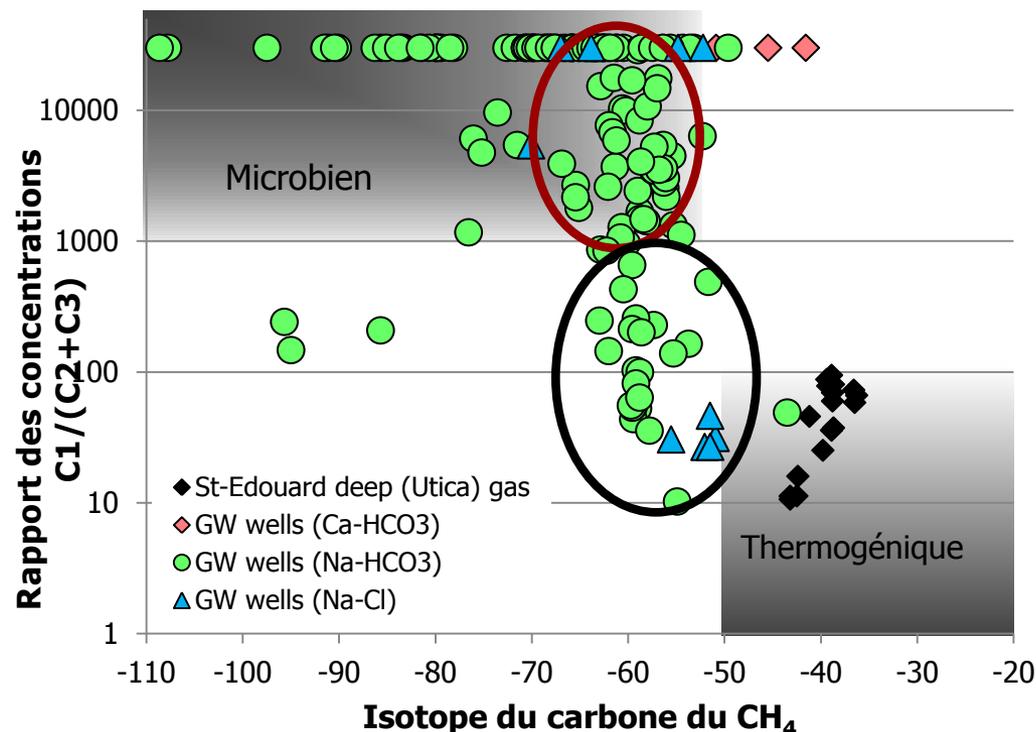
- **plus faibles** : si shale noir majoritaire
- **plus élevées** : si du siltstone est présent

# Résultats préliminaires – Étude géochimique (eau)

Méthane



# Résultats préliminaires – Étude géochimique (eau)



Isotope: sorte  
d'empreinte digitale  
des molécules

CH<sub>4</sub>: méthane



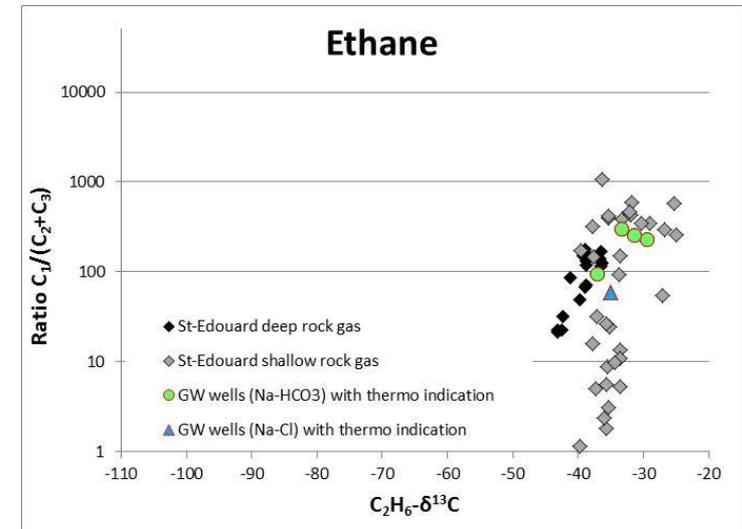
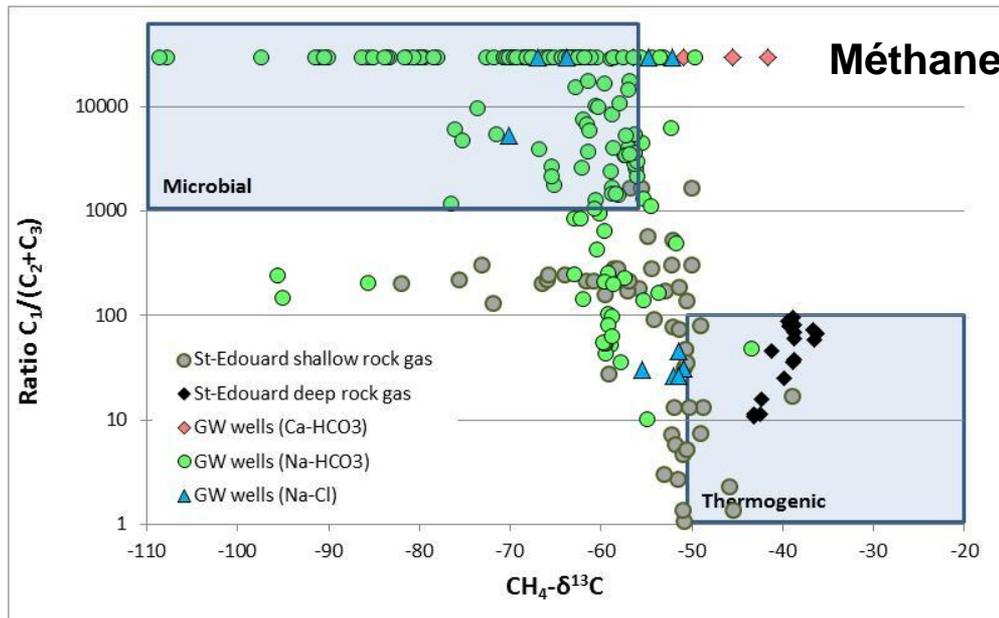
but: distinguer le gaz  
microbien du gaz  
thermogénique

L'ensemble des données géochimiques montrent que le méthane est affecté par différents processus:

- 1) dépend des micro-organismes et du fait que le système est quasiment « fermé » et
- 2) provient du mélange entre du méthane microbien et thermogénique.

# Résultats préliminaires – Étude géochimique

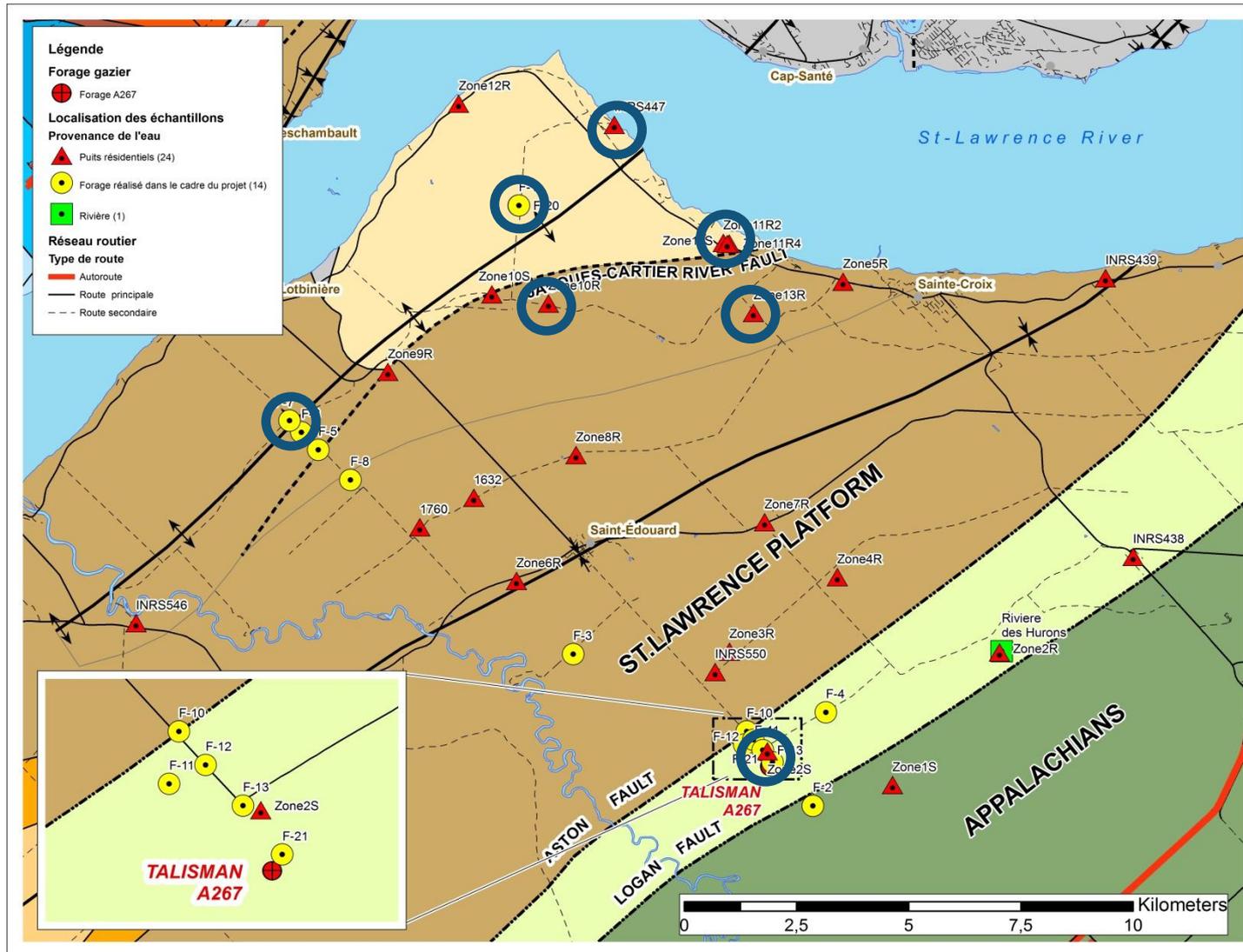
15% des échantillons d'eau montrent du gaz thermogénique ➡ D'où vient-il?



Le gaz thermogénique est piégé dans les pores de la roche, tandis que le gaz microbien se forme constamment.

Les deux types de gaz proviennent vraisemblablement de la roche en surface.

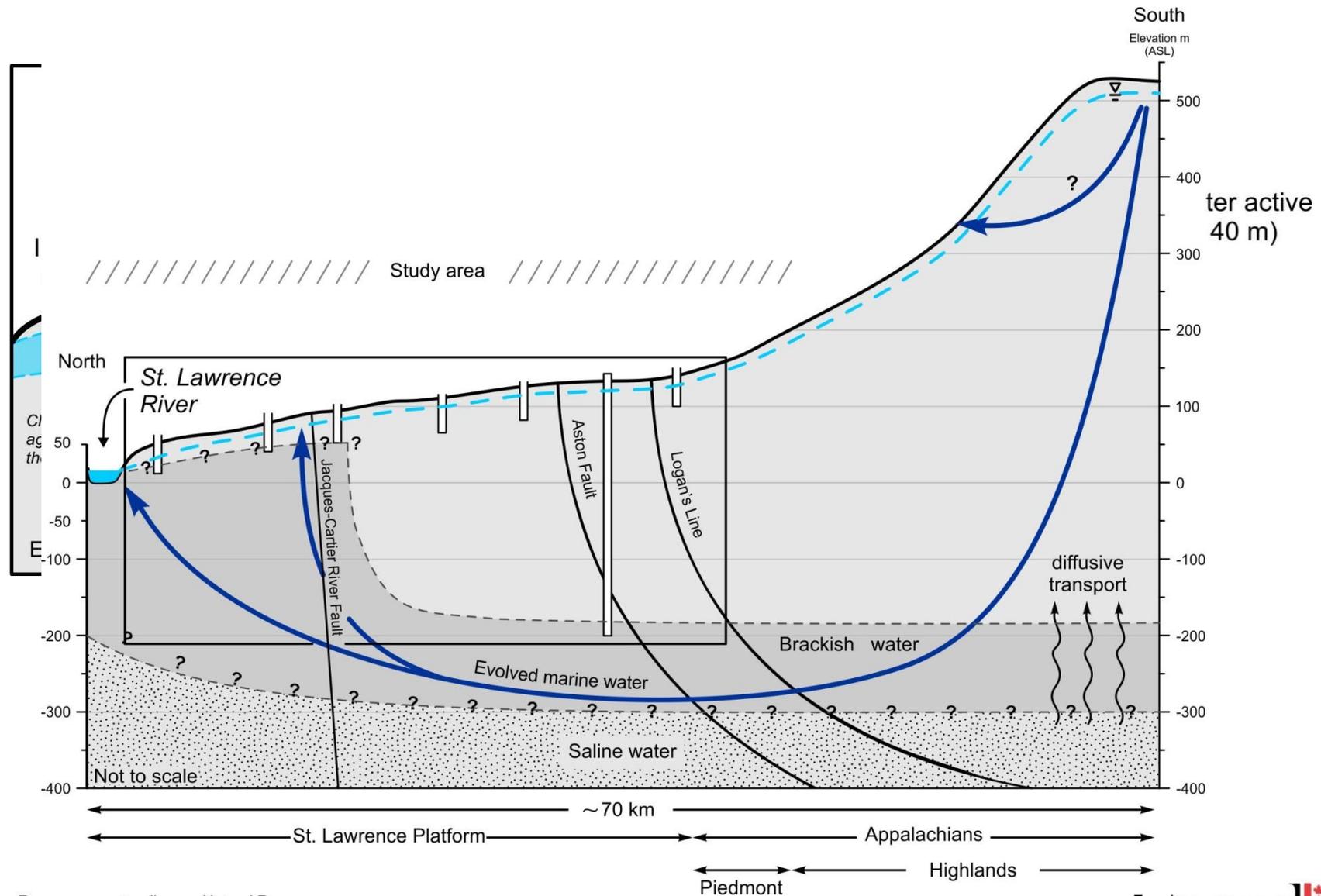
# Résultats préliminaires – Étude géochimique (eau)



 Contribution de saumure



# Résultats préliminaires – Étude géochimique

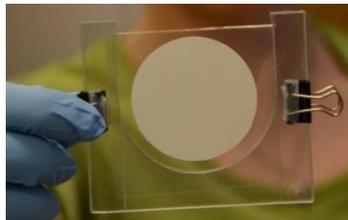


# Résultats préliminaires – Étude géochimique

L'eau interstitielle contenue dans les carottes conservées dans des sachets sous vide sera analysée, pour tenter de connaître le **pôle géochimique** de l'eau de formation à l'aide de papier absorbant et d'une technique de pointe développée (collaboration avec l'U d'Ottawa).

Comparaison de l'isotope du **strontium** dans l'eau et la roche.

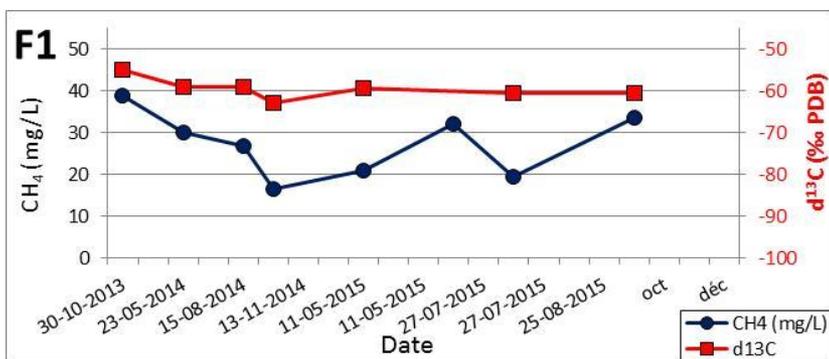
Les analyses sont en cours.



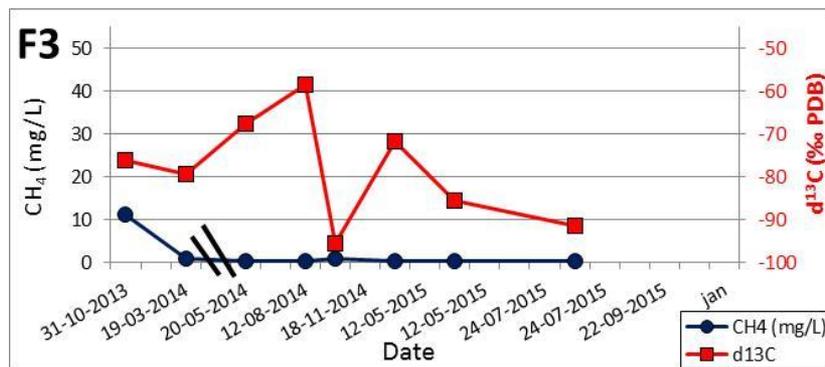
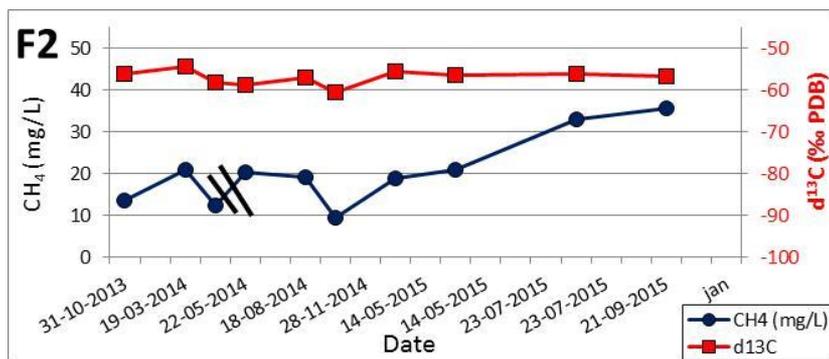
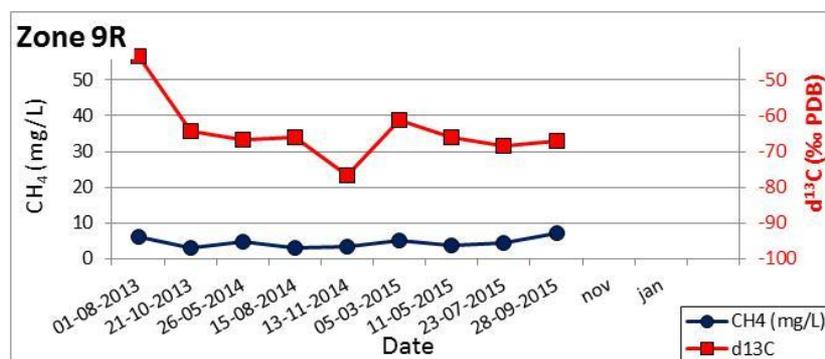
# Résultats préliminaires – Suivi (monitoring)

Concentrations en méthane et son isotope de carbone ( $\delta^{13}\text{C}$ )

## Fortes concentrations



## Faibles concentrations



# Conclusions

- Le Shale d'Utica est surmonté de schistes du Lorraine (ou unités équivalentes), qui semblent parfois riches en hydrocarbures.
- Du méthane est présent dans l'eau souterraine de façon naturelle presque partout dans la région. Les concentrations sont variables dans l'espace et le temps.
- Des processus naturels modifient la signature isotopique du méthane.
- La présence de méthane dans l'eau souterraine apparaît étroitement liée au type d'eau.
- De l'éthane et du propane sont également présents dans quelques puits  
➔ gaz thermogénique est présent dans ~ 15% des puits.



# Conclusions

- La région de la faille de la Rivière Jacques-Cartier semble être une **zone de résurgence** pour l'**écoulement régional**. La profondeur de cet écoulement est cependant inconnue.
- La **présence de méthane thermogénique** ne veut pas nécessairement dire qu'il existe un chemin de migration depuis les shales à grande profondeur.
- Le **gaz extrait des carottes de roche** tend à montrer que l'**origine du gaz**, à la fois thermogénique et microbien, **vient du roc peu profond**.
- Même si l'interprétation des données géophysiques et géomécaniques pourrait montrer la possibilité de migration potentielle, **les données hydrogéologiques et géochimiques ne fournissent pas d'évidence que du gaz a migré depuis le Shale d'Utica.**



# Conclusions

- L'étude de St-Édouard a permis de comprendre les processus naturels liés à la présence de gaz naturel dans l'eau souterraine dans une région à potentiel en hydrocarbures.



- En tant qu'organisme de recherche public, Ressources naturelles Canada rendra public tous les résultats de recherche de ce projet, une fois celui-ci terminé (en 2016).



# Comment nous rejoindre

Christine Rivard

[christine.rivard@canada.ca](mailto:christine.rivard@canada.ca)

418-654-3173

Denis Lavoie

[denis.lavoie@canada.ca](mailto:denis.lavoie@canada.ca)

418-654-2571

