

# Caractérisation du système aquifère des bassins versants Richelieu/Lac Champlain et Yamaska

C. Rivard<sup>1</sup>, R. Lefebvre<sup>2</sup>, M.-A. Carrier<sup>2</sup>, M. Parent<sup>1</sup>, N. Benoit<sup>1</sup>, E. Gloaguen<sup>2</sup>, H. Vigneault<sup>2</sup>, C. Beaudry<sup>2</sup>, J.-M. Ballard<sup>2</sup>, M. Laurencelle<sup>2</sup>, A. Pugin<sup>1</sup>, H. Crow<sup>1</sup>

<sup>1</sup> : Commission géologique du Canada, <sup>2</sup> : INRS - Centre Eau Terre Environnement  
<sup>3</sup> : Géologie Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec



# PLAN

1. Introduction
2. Objectifs
3. Contextes géologiques et hydrogéologiques
4. Travaux
5. Résultats
6. Conclusion

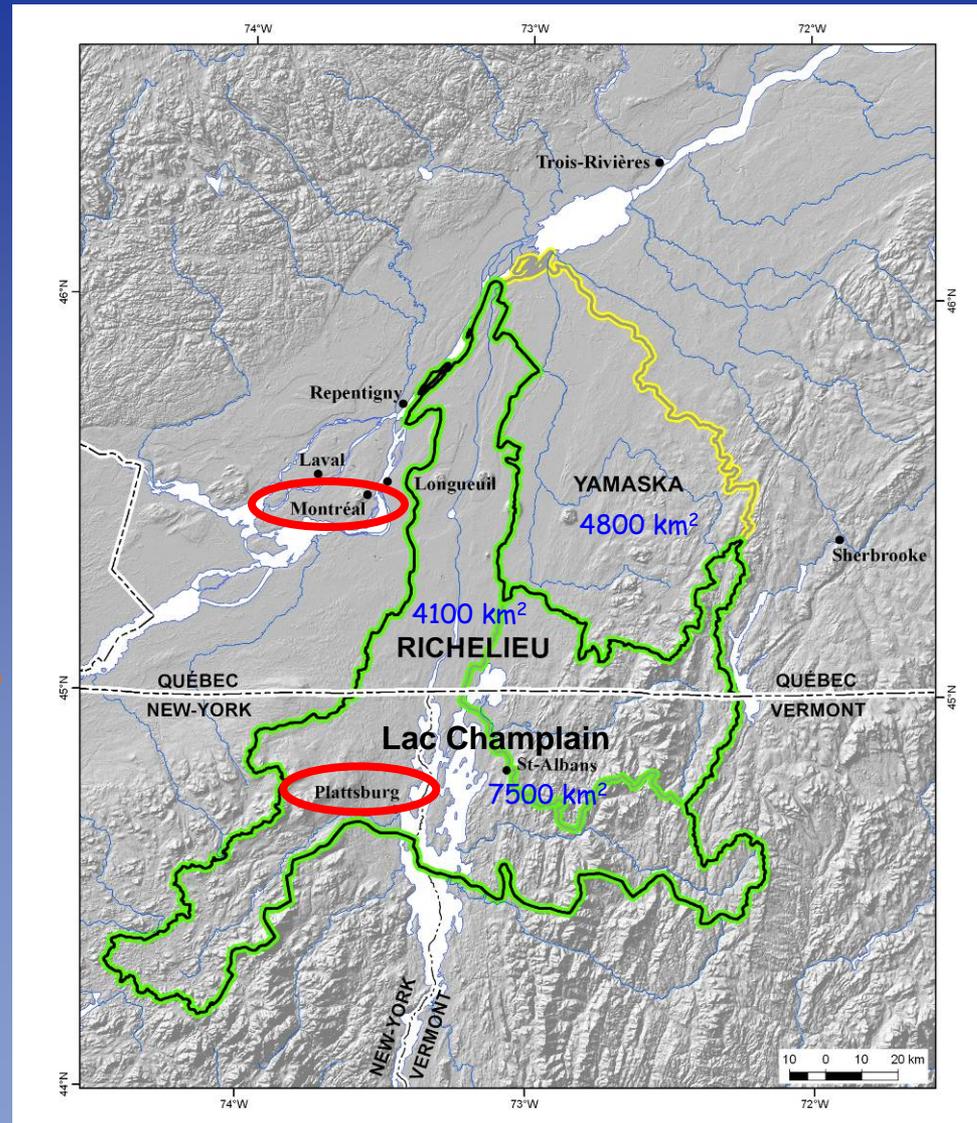


# 1. Introduction



Bassins Richelieu  
et Yamaska  
(Québec, Canada)

Bassin du Lac  
Champlain  
(Vermont & New York,  
États-Unis)



Localisation de la zone d'étude

## 2. Objectifs

### au Canada

- Établir un portrait de la ressource en eau souterraine en développant une approche de caractérisation régionale intégrée et efficace multidisciplinaire comprenant:
  - la collecte d'informations existantes et l'acquisition de nombreuses autres données à l'aide de travaux de terrain (forages/sondages, échantillonnage d'eau et de sols, géophysique);
  - l'amélioration de la structure de la base de données hydrogéologiques existante;
  - la rédaction de protocoles en collaboration avec les autres projets québécois;
  - l'étude des contrôles de l'écoulement souterrain;
  - l'évaluation de la recharge avec plusieurs méthodes;
  - la cartographie du socle rocheux et des dépôts quaternaires dans la zone d'étude transfrontalière.

### aux États-Unis

- Collecter et intégrer les données existantes et contribuer à la cartographie.

# 3. Contextes géologiques et hydrogéologiques

## 3.1 Socle rocheux

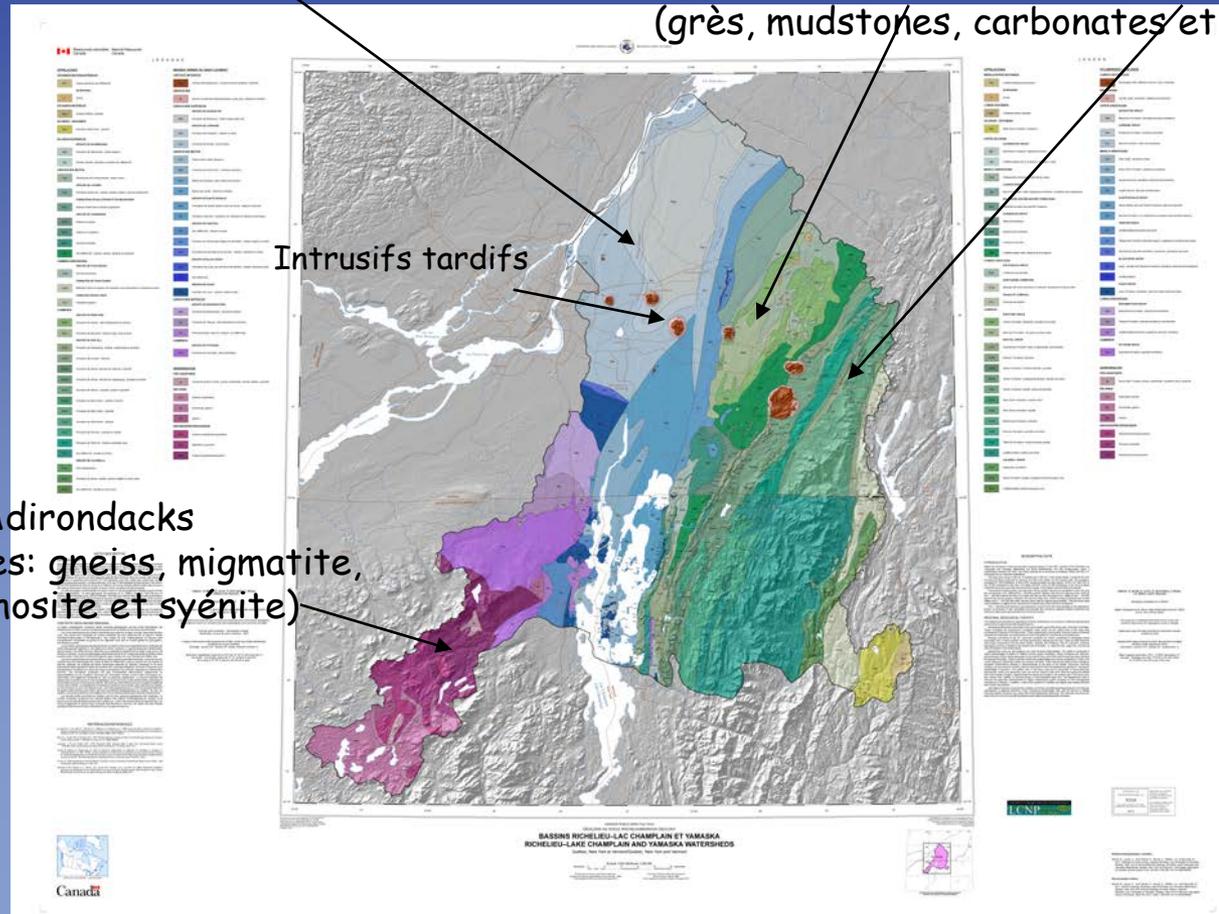
### Carte géologique 1: 250 000 des bassins Richelieu/Lac Champlain et Yamaska

Basses-terres du St-Laurent  
(shale, dolomie et calcaire)

Appalaches: Piedmont et Hautes-Terres)  
(grès, mudstones, carbonates et volcanites )

Intrusifs tardifs

Monts Adirondacks  
(roches cristallines: gneiss, migmatite,  
gabbro, anorthosite et syénite)



# 3.2 Quaternaire

Le till recouvre la majeure partie du territoire.

**Basses-terres-du-St-Laurent:** till est recouvert d'une couche de sédiments marins

**Piedmont:** till remanié par les vagues et les courants dans la Mer de Champlain (plus grossier et perméable)

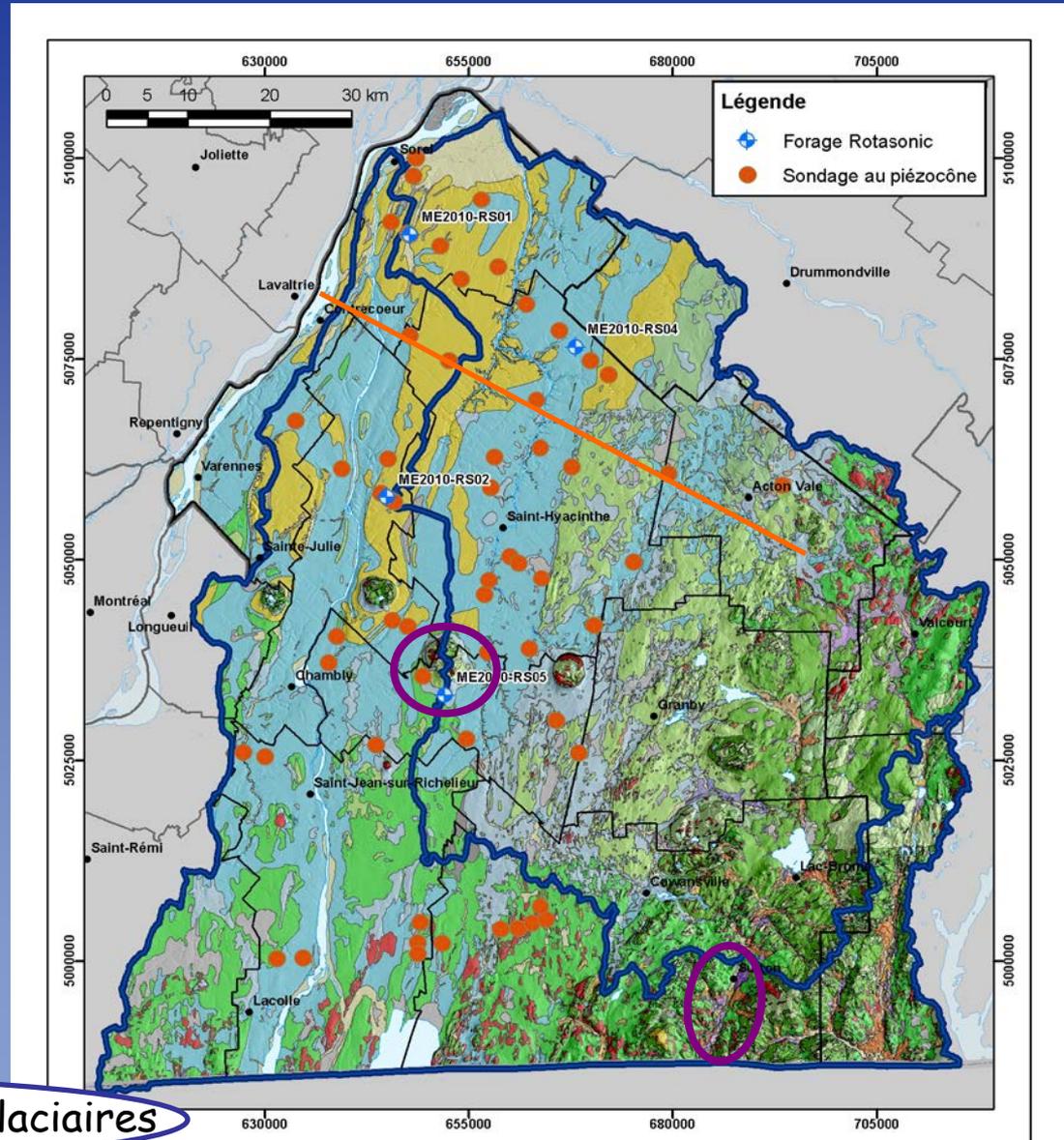
**Hauts-terres:** till est mince et discontinu

En terrain montagneux: till de fond compact est couvert de till de fusion plus grossier.

unités aquifères



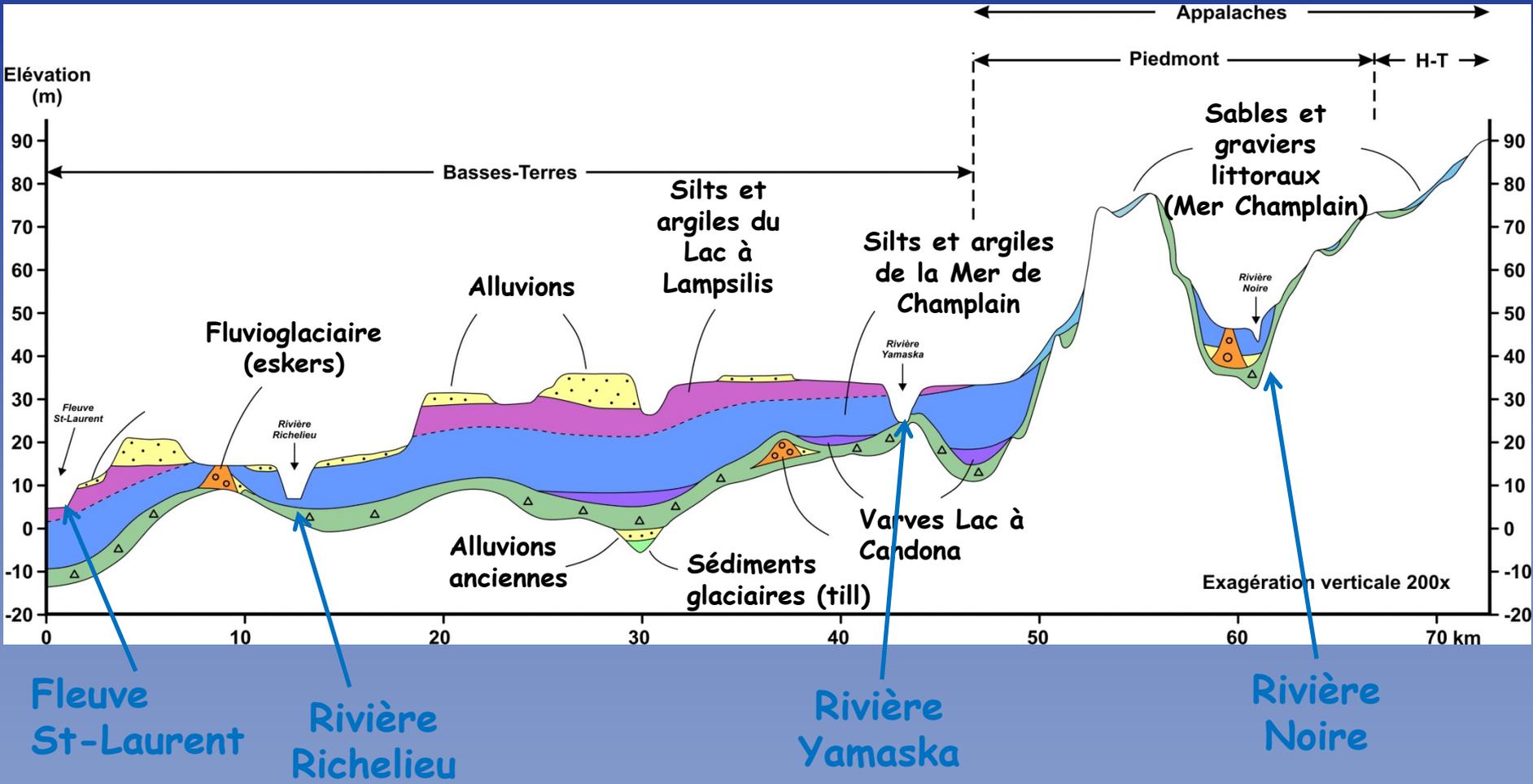
eskers et autres sédiments fluvio-glaciaires



# 3.2 Quaternaire (suite)

Nord-Ouest

Sud-Est

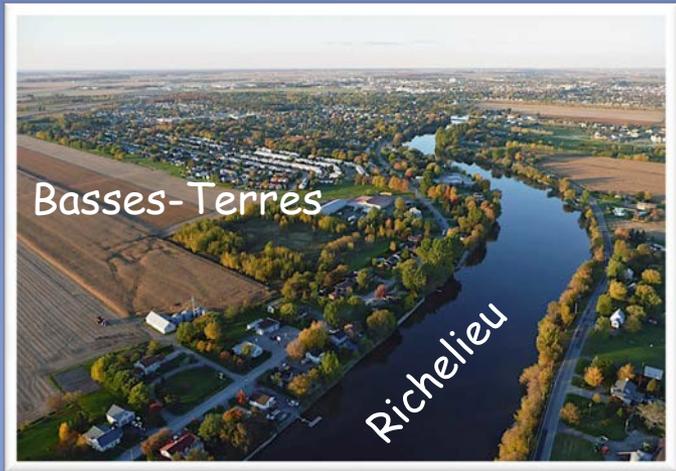
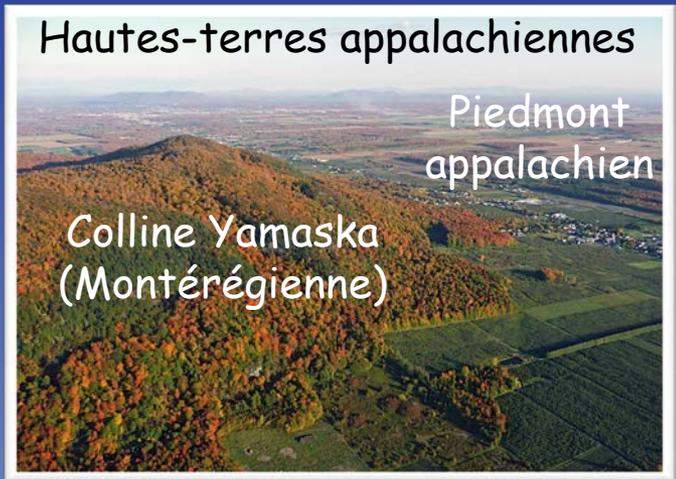
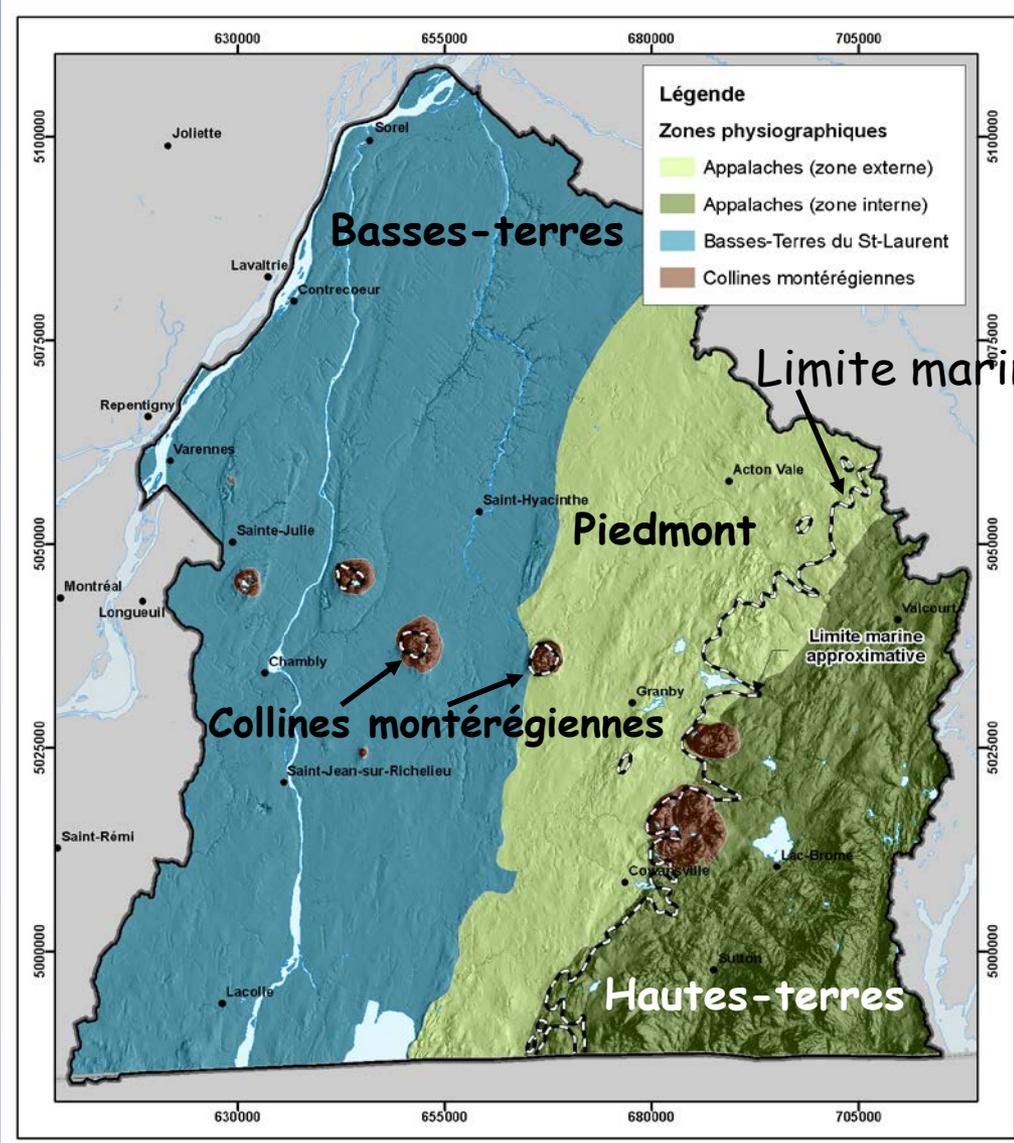


Coupe schématique présentant l'ensemble des unités quaternaires clés de la zone d'étude au Québec, M. Parent 2011

Une carte Canada/États-Unis à l'échelle 1: 250 000 sera bientôt assemblée.

# 3.3 Contextes hydrogéologiques

Les différents contextes hydrogéologiques ont été définis en fonction de l'altitude et des formations géologiques du socle rocheux.



# 4. Travaux

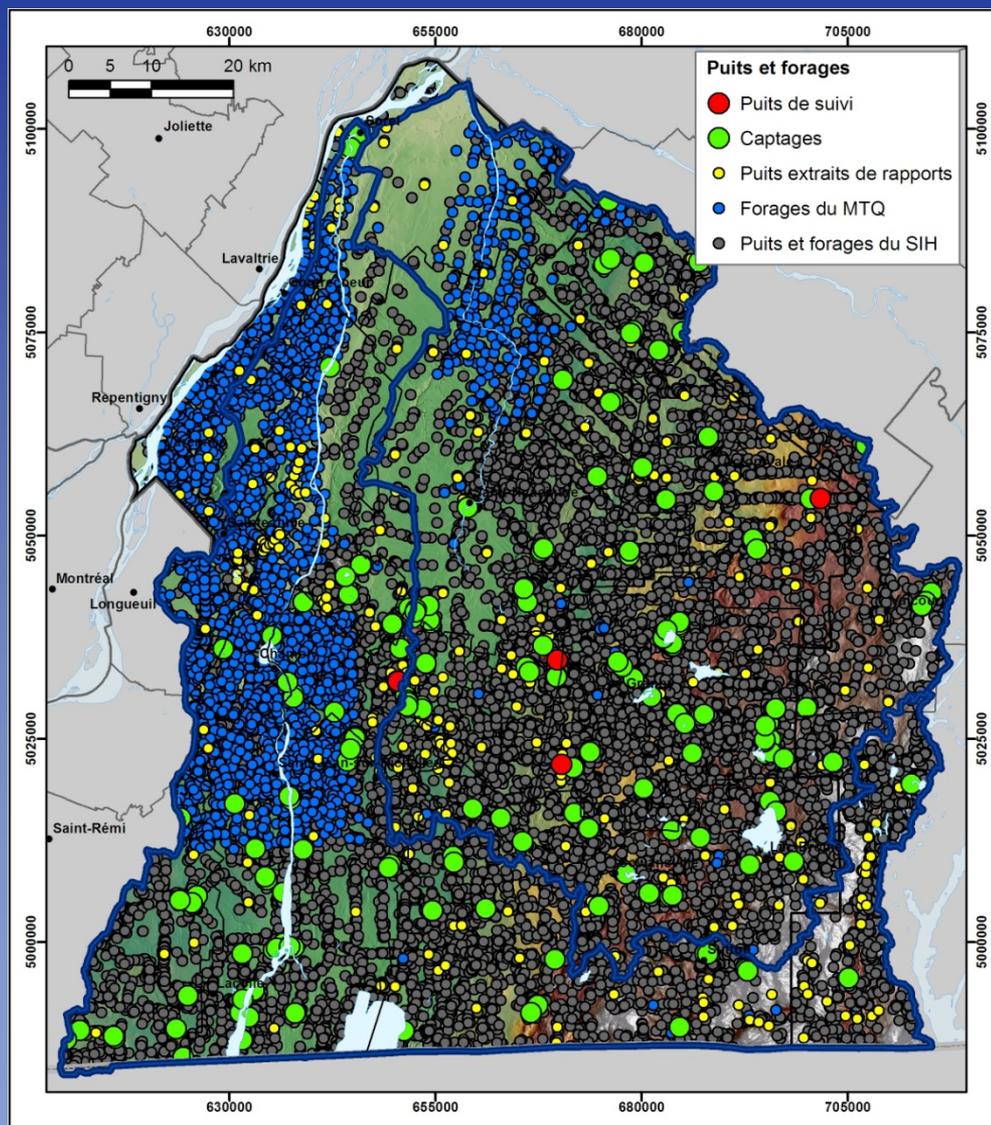
## 4.1 Collecte de données existantes

### Puits et forages

- SIH: ~ 30 000
- MTQ: ~ 5 000
- Rapports: ~ 600
- Puits d'approvisionnement: 228 (108 municipaux)
- Puits d'observation MDDEP: 4

### Stations météo et de jaugeage

- Météo: 55 stations, dont 16 ont plus de 30 ans de données
- Jaugeage: 54 stations, dont 9 font aussi l'échantillonnage et l'analyse de l'eau



Distribution spatiale des données existantes

## 4.2 Travaux de terrain

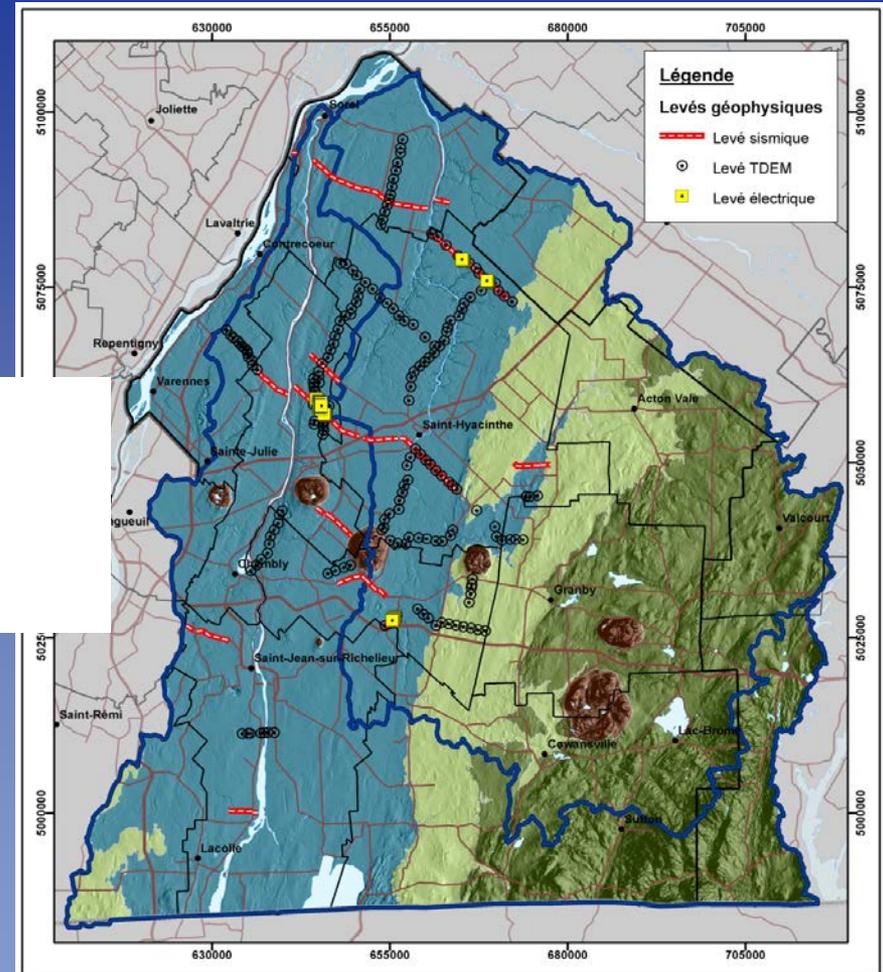
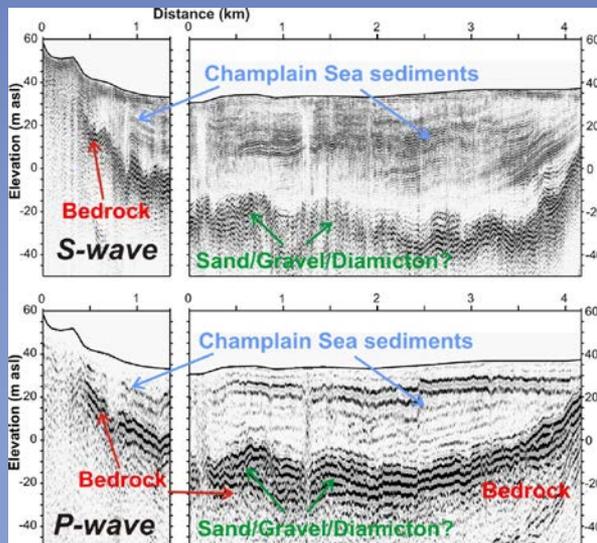
**But:** définir l'épaisseur et la continuité latérale des sédiments ainsi que la profondeur du roc, caractériser les différents types d'eau et évaluer les propriétés hydrogéologiques.

**En résumé:**

**Sismique réflexion:** 13 lignes ~ 105 km

**TDEM:** 186 sondages ~ 383 km à 1 km d'espacement

**Résistivité électrique:** 16 profils de 475 m sur 3 zones



Distribution spatiale des travaux de terrain pour les levés géophysiques

## 4.2 Travaux de terrain (suite)

### En résumé:

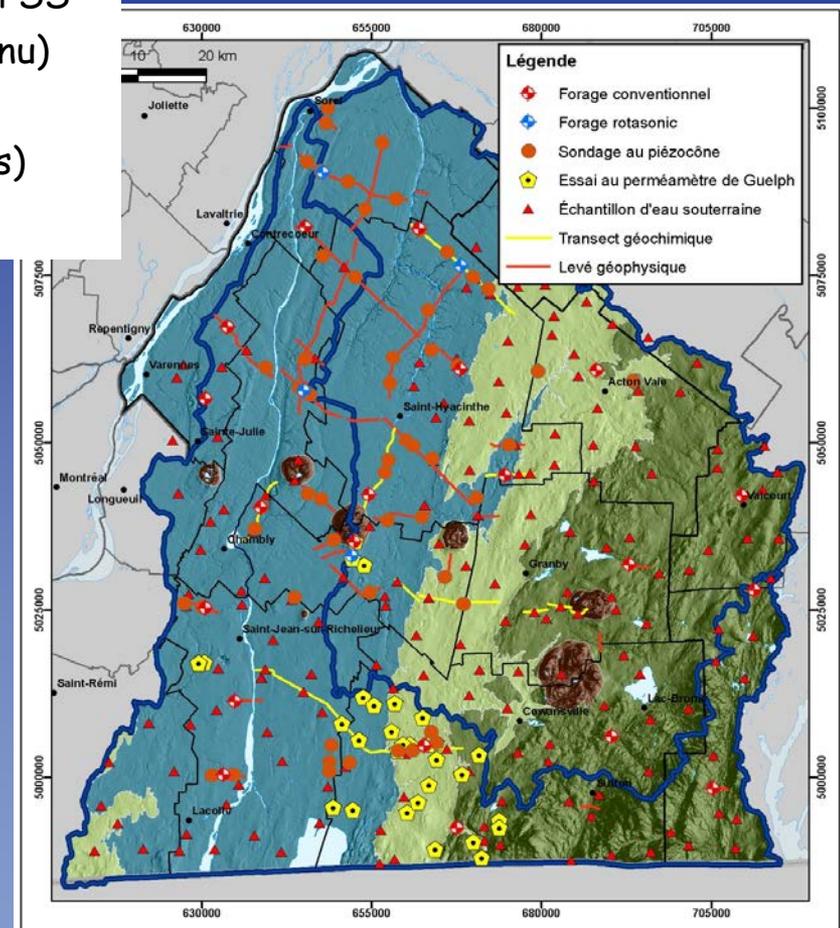
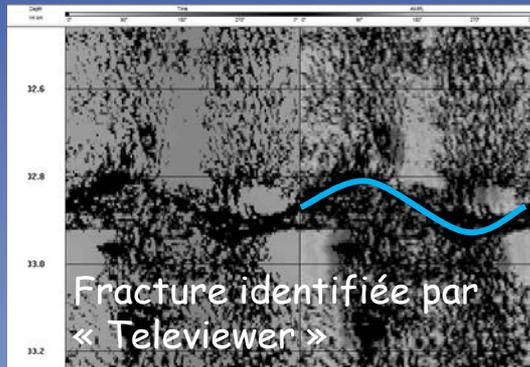
**Piézocône & RPSS (foreuse de l'INRS):** 44 CPT & 18 RPSS

**Puits forés:** 24, dont 4 rotonsonic (échantillonnage continu)

**Diagraphies et essais hydrauliques:** 25 puits

**Essais au perméamètre de Guelph:** 100 essais (30 sites)

**Échantillons d'eau prélevés:** 238 puits

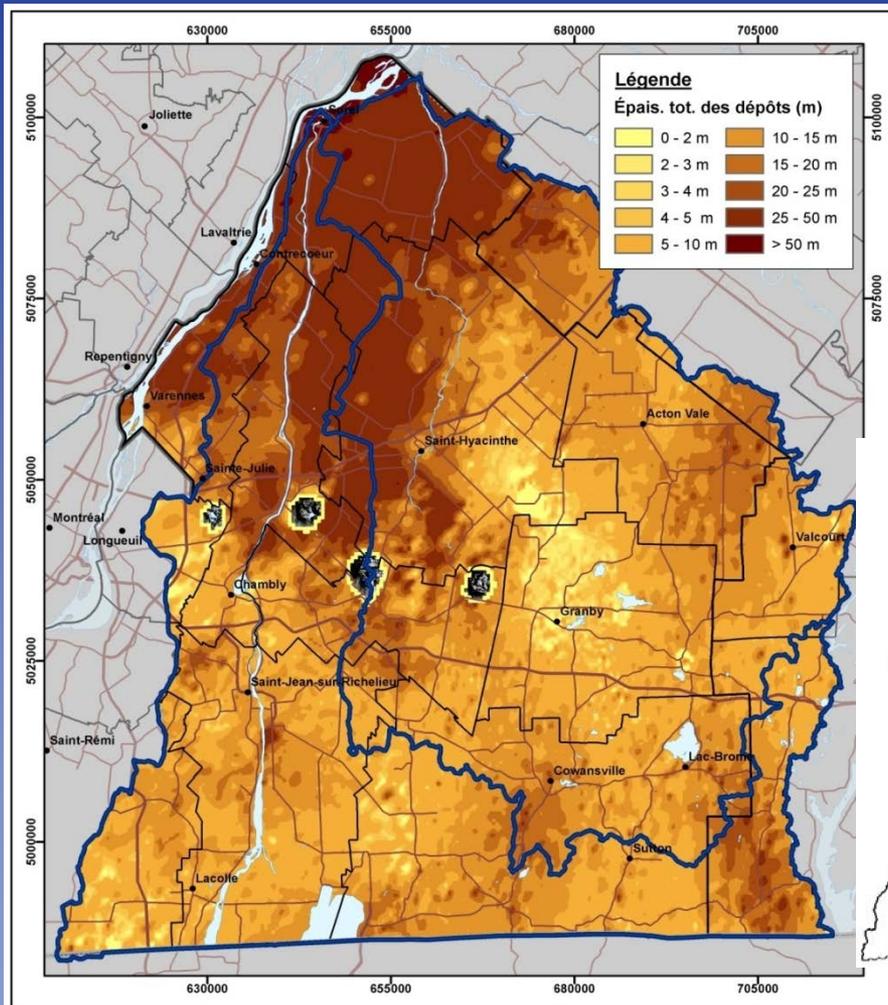


Distribution spatiale des travaux de terrain

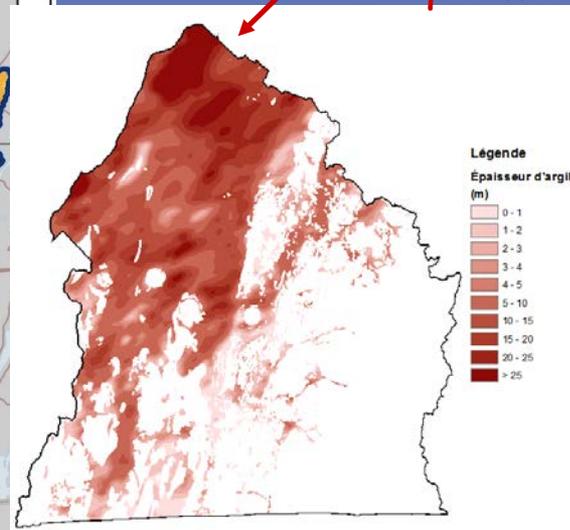
# 5. Résultats

## 5.1 Épaisseur de sédiments

Dans le bassin argileux au nord ouest, l'accumulation de sédiments peut dépasser 40 m, alors que dans le piedmont et les Hautes-terres, les épaisseurs de sédiments sont généralement inférieures à 10 m, sauf dans quelques vallées, comme celle de la Haute Missisquoi.

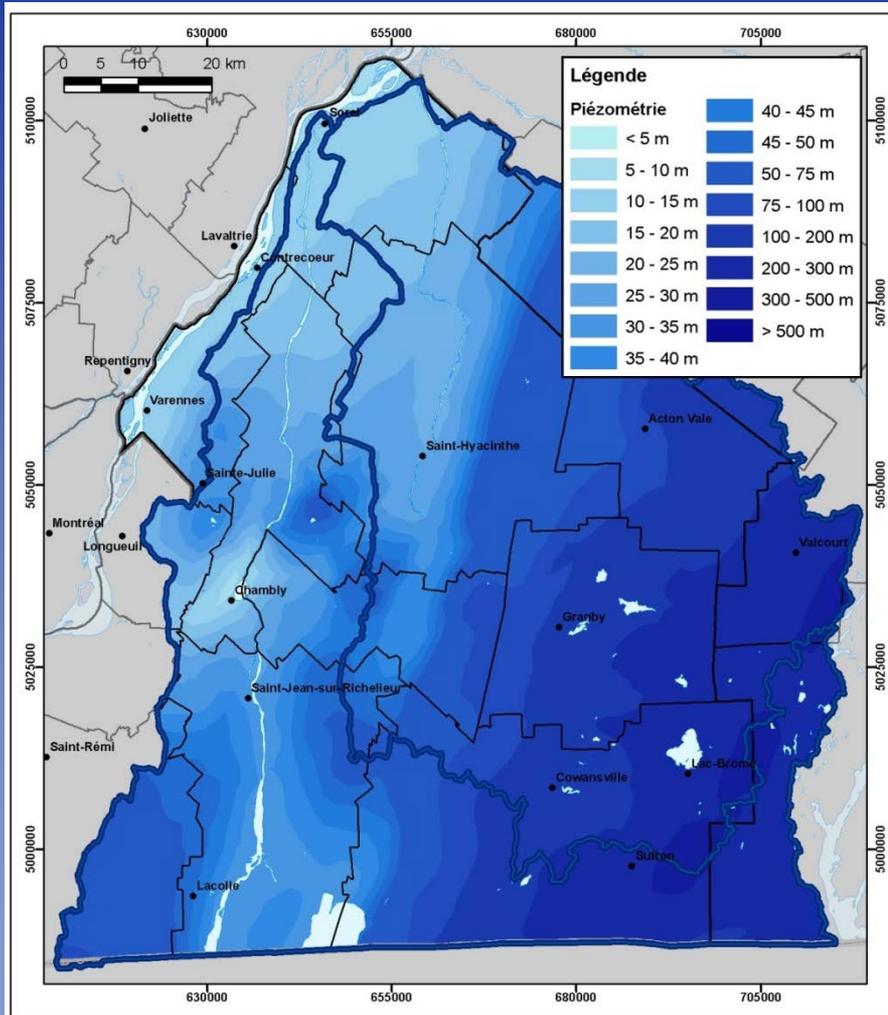


Couche d'argile uniquement



Carte des épaisseurs des sédiments quaternaires

## 5.2 Piézométrie



Carte piézométrique pour le socle rocheux

La nappe suit en général la topographie du terrain. L'eau circule globalement des Hautes-terres appalachiennes vers le fleuve St-Laurent.

Très peu de puits dans le nord-ouest de la zone d'étude (zone d'eau saumâtre)



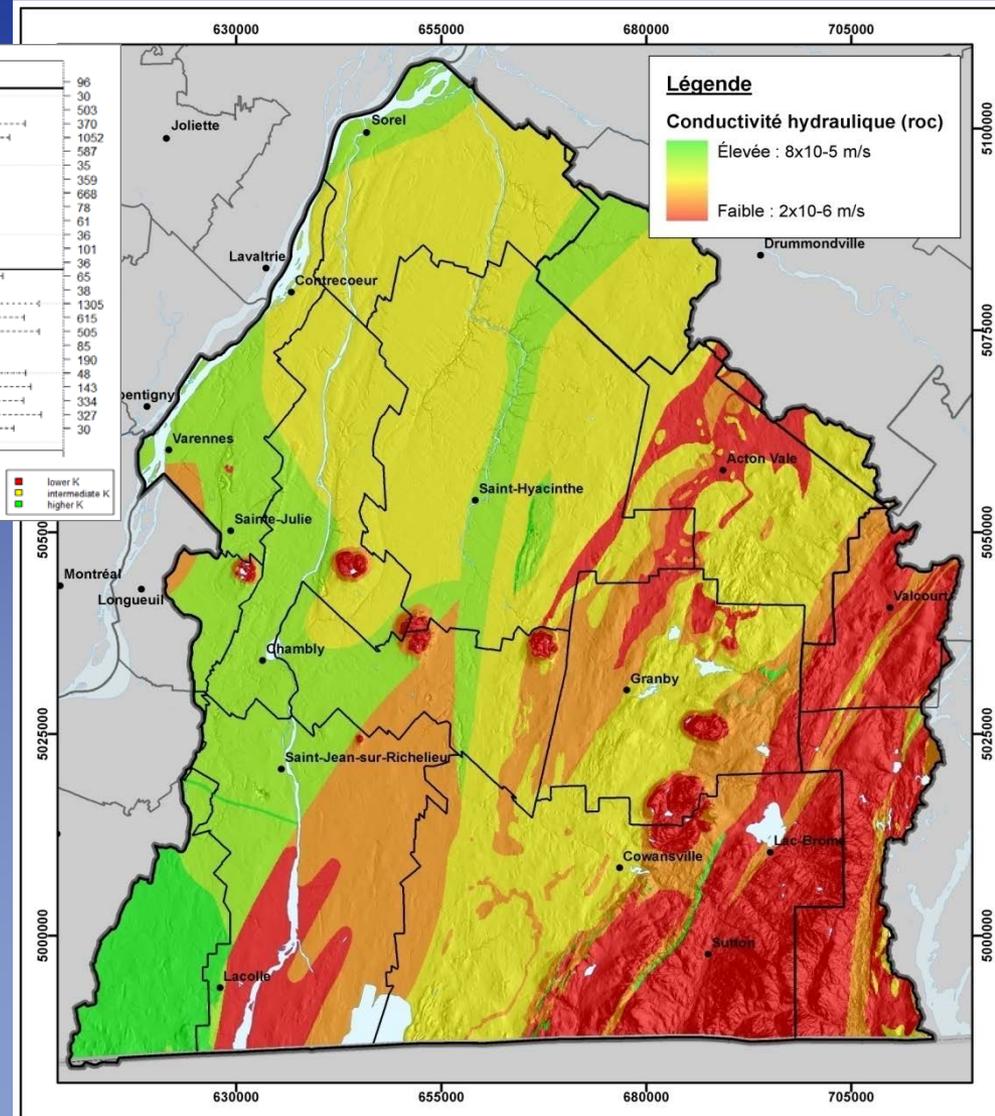
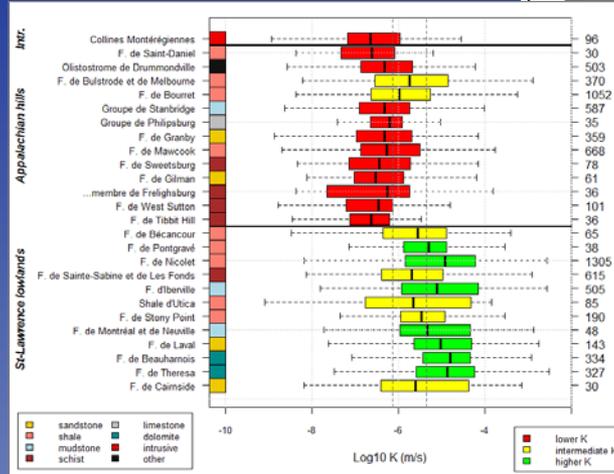
très faible gradient hydraulique.

Compte tenu du contexte géologique, plusieurs secteurs de la région d'étude devraient avoir des aquifères en **condition captive** (ex.: sous argiles de Mer de Champlain).

Lorsque le till est mince et le roc affleurant, comme dans une partie du piedmont et la majorité des Hautes-terres, la nappe devrait généralement être en **condition libre**.

# 5.3 Propriétés hydrauliques du roc

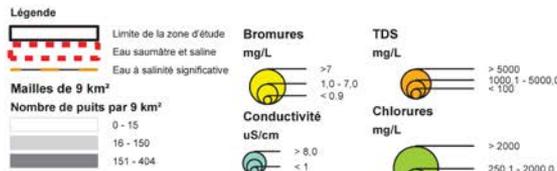
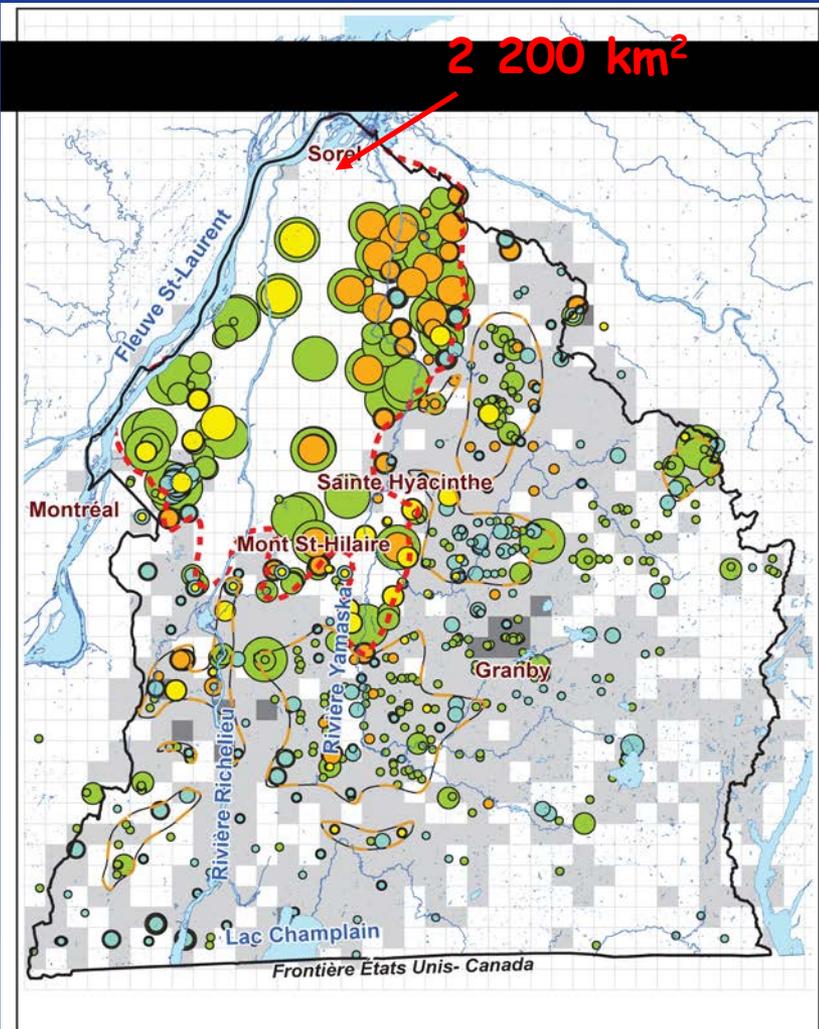
Conductivités hydrauliques entre  $10^{-7}$  et  $5 \times 10^{-5}$  m/s



Contexte	Profondeur dans le roc (m)
Basses-terres	20
Appalaches - Piedmont	36
Appalaches - Hautes-terres	46
Montérégiennes	57

Carte des K du socle rocheux

## 5.4 Délimitation des eaux souterraines saumâtres



Caractéristiques:

Salinité d'origine marine: Mer de Champlain il y a environ 9 800 ans.

Données:

conductivité électrique, TDS,  
chlorures et bromures

+

réseau d'aqueduc et densité de puits

Épais dépôt d'argile peu perméable  
laissé par la Mer de Champlain: peu  
de recharge.

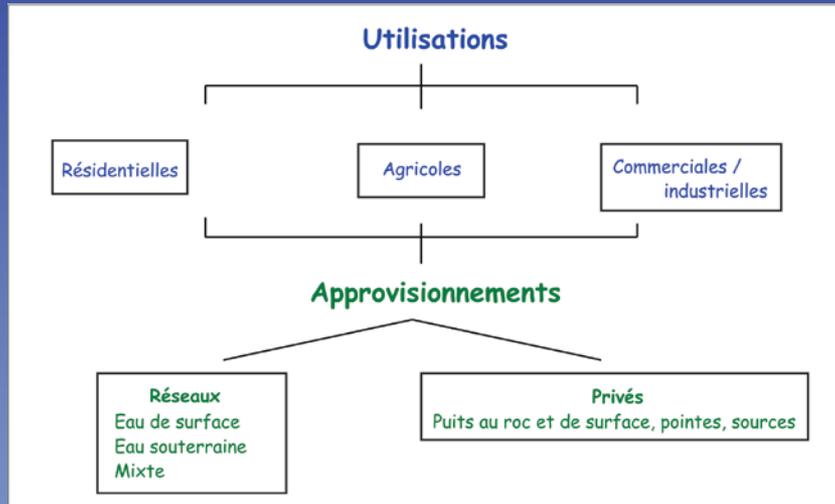
Gradient hydraulique et conductivité  
hydraulique des formations  
rocheuses faibles: peu de lessivage  
par de l'eau récente.

Géochimie régionale : Châtelaine Beaudry

Carte présentant la zone d'eau saumâtre

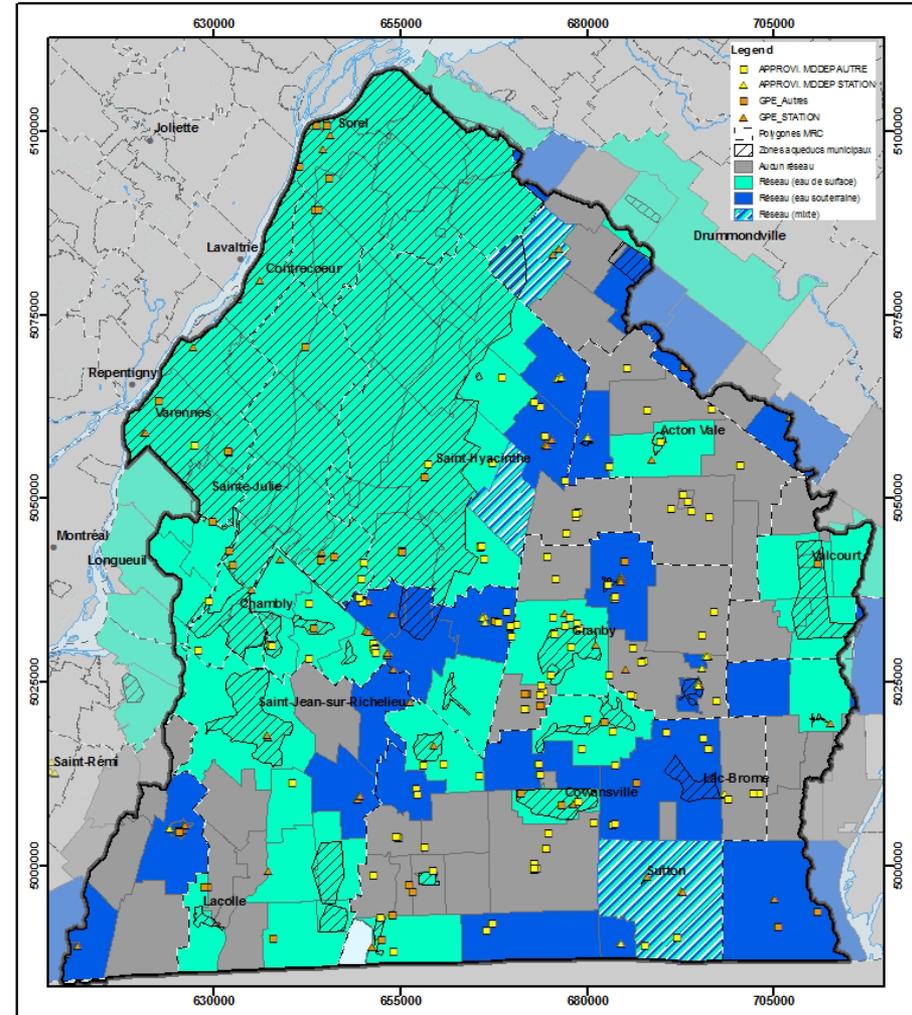
# 5.7 Utilisation de l'eau

L'utilisation de l'eau souterraine a été déterminée à partir sources publiques (ministères provinciaux, municipalités, MRC, régions inter-municipales, etc.) et privées (ex.: questionnaires ou entrevues auprès d'entreprises).



Le recoupement d'informations a permis d'évaluer l'utilisation d'eau souterraine sur une base municipale.

En Montérégie Est, 26 % de la population s'approvisionne en eau souterraine



## 6. Conclusions

- L'approche de caractérisation met l'emphasis sur des données indirectes et devrait fournir beaucoup de détails sur les conditions régionales du système aquifère.
- Beaucoup de travaux de terrain ont été effectués dans la partie canadienne. Peu de données sont disponibles aux États-Unis.
- Le défi de ce projet est de réussir à intégrer l'ensemble des données recueillies pour mieux comprendre la dynamique d'écoulement et développer des modèles numériques d'écoulement transfrontaliers.



# 6. Conclusions (suite)

## Projets de maîtrise:

- Châtelaine Beaudry: géochimie régionale
- Rachel Thériault: cycle de l'azote
- Pierre Ladevèze: fracturation



## Projets de doctorat:

- Marc Laurencelle: caractérisation du socle rocheux et écoulement
- Jean-Sébastien Gosselin: évaluation de la recharge
- Martin Blouin: hydrostratigraphie et anisotropie géophysique



# MERCI!

