

# Les aquifères rocheux du Québec méridional : une diversité de contextes géologiques et de méthodes d'investigation

Alain Rouleau  
et équipe sur les aquifères en socle rocheux fracturé

Programme de recherche en partenariat  
sur les eaux souterraines du Québec

MDDEFP – FRQNT

Congrès ACFAS – Université Laval  
Colloque 223 – Les eaux souterraines: développement des connaissances et  
gestion durable de la ressource

7 mai 2013

# CONTEXTE

- Nombreux aquifères importants dans le socle rocheux
- Caractéristiques du « contenant<sup>1</sup> »
  - ↳ comportement et qualité du « contenu<sup>2</sup> »
- Diversité des contextes tectoniques, structuraux et lithologiques

<sup>1</sup> unité géologique aquifère

<sup>2</sup> eau souterraine

# IL FAUT DONC:

Une bonne caractérisation structurale des aquifères rocheux dans les différents contextes géologiques

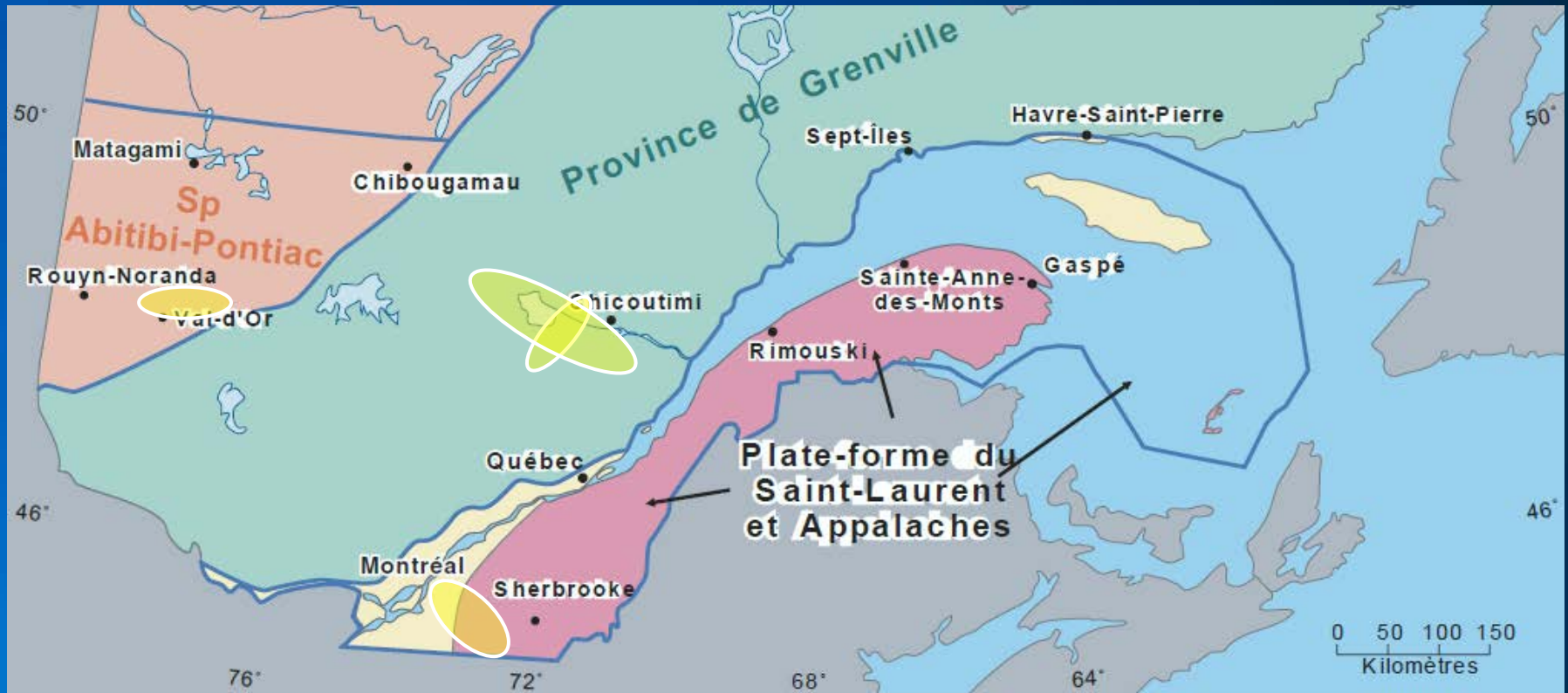
- Investigation litho-structurale adaptée à l'hydrogéologie
- Liens entre contexte géologique et propriétés hydrogéologiques

# SOMMAIRE

- Les contextes géologiques du Québec méridional
- Méthodes et résultats d'études par 4 étudiants:
  - Emmanuelle B.GAGNÉ (MSc)
  - Pierre LADEVÈZE (MSc-INRS)
  - Daphne S. PINO (MSc)
  - Sandra K. RICHARD (PhD)
- Conclusions

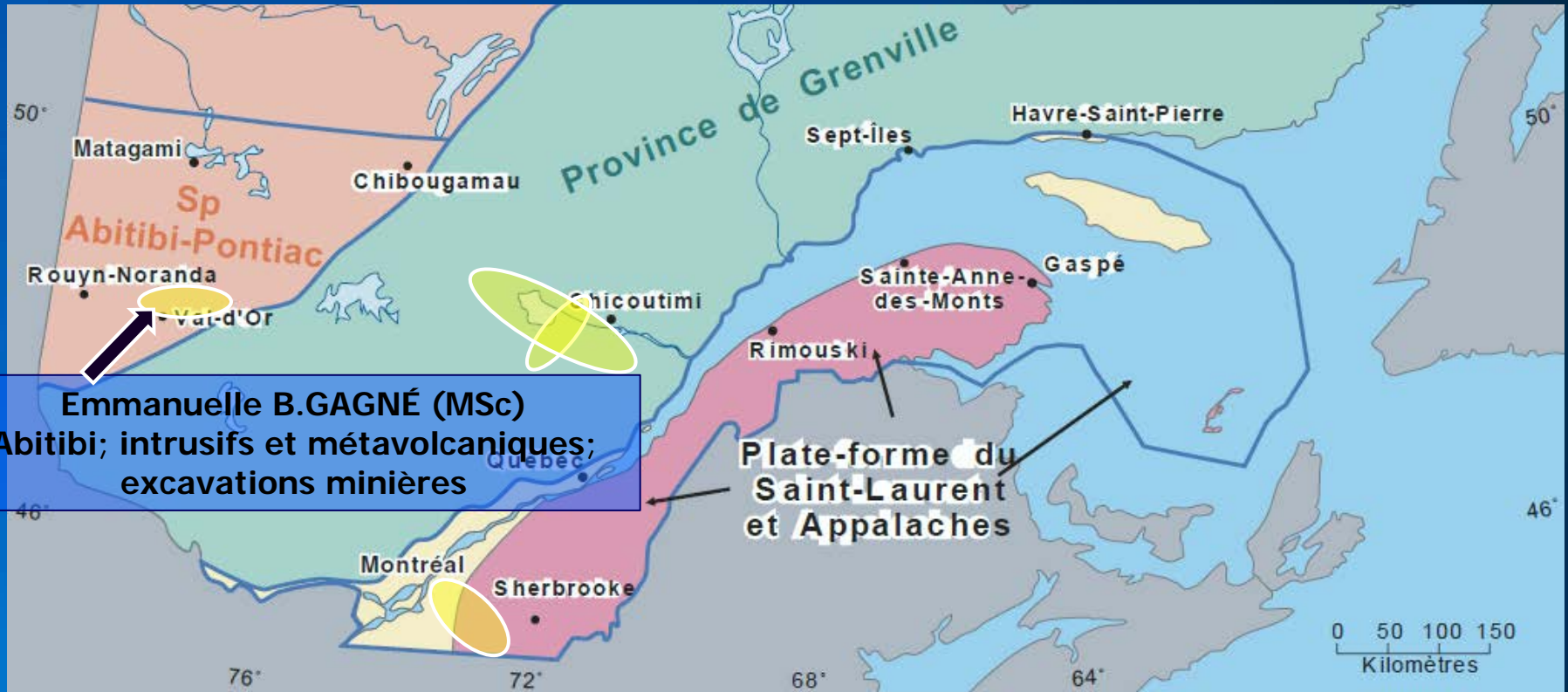
# Quatre étudiants et leurs terrains d'étude

## Provinces géologiques – Sud du Québec



# Quatre étudiants et leurs terrains d'étude

## Provinces géologiques – Sud du Québec





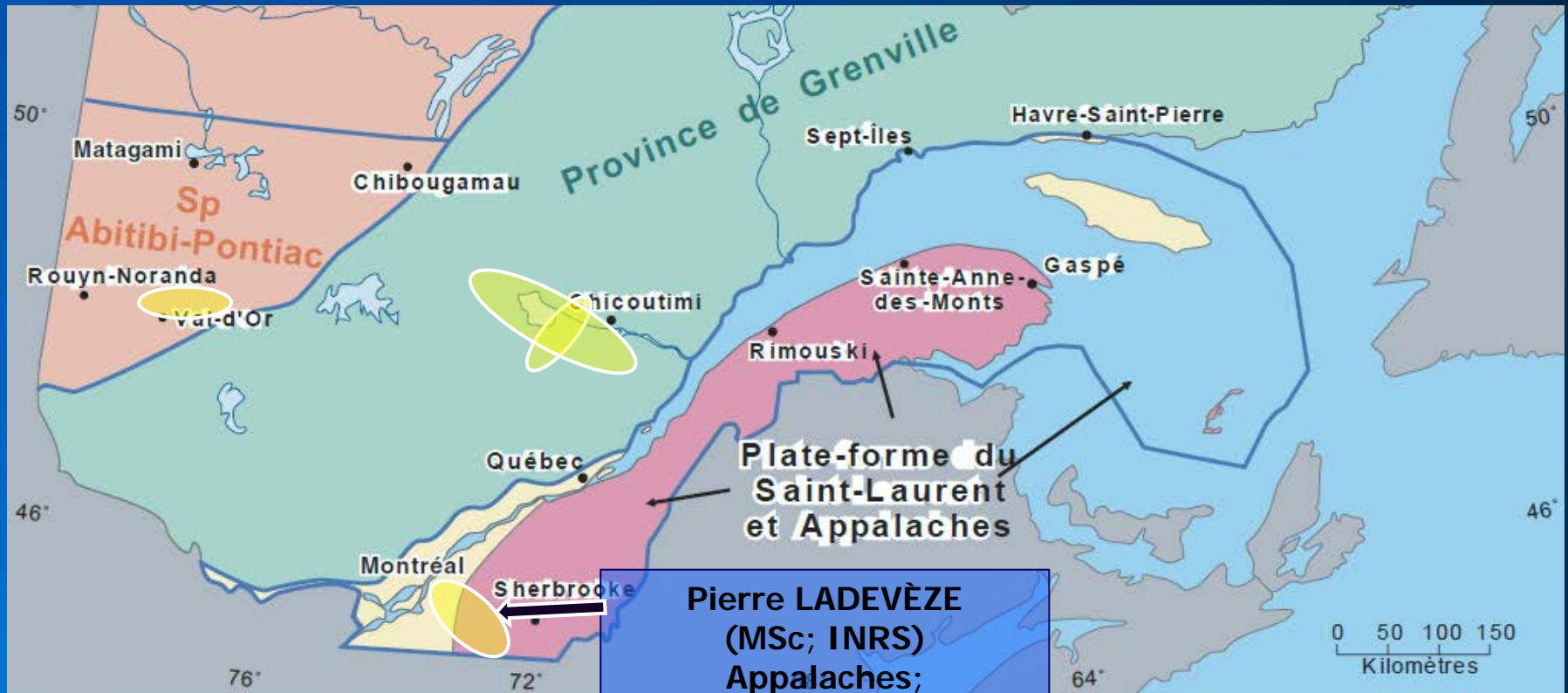
# re étudia terrains d iques – Su



**Emmanuelle B.GAGNÉ (MSc)**  
Abitibi; intrusifs et métavolcaniques;  
excavations minières

# Quatre étudiants et leurs terrains d'étude

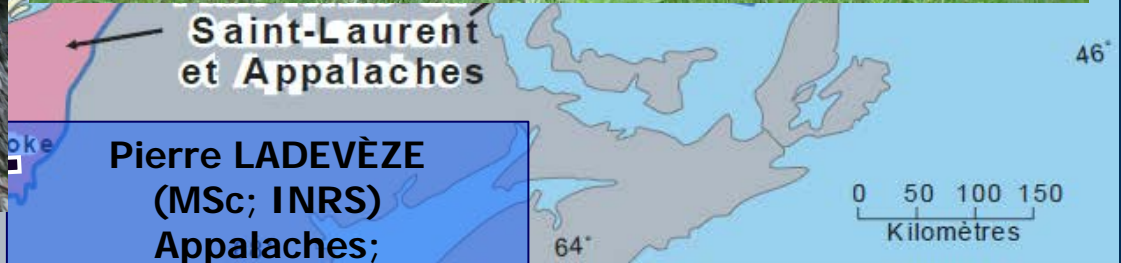
## Provinces géologiques – Sud du Québec



Pierre LADEVÈZE  
(MSc; INRS)  
Appalaches;  
métasédimentaires;  
forages



# Quatre étudiants et leurs



**Saint-Laurent  
et Appalaches**

**Pierre LADEVÈZE  
(MSc; INRS)  
Appalaches;  
métasédimentaires;  
forages**

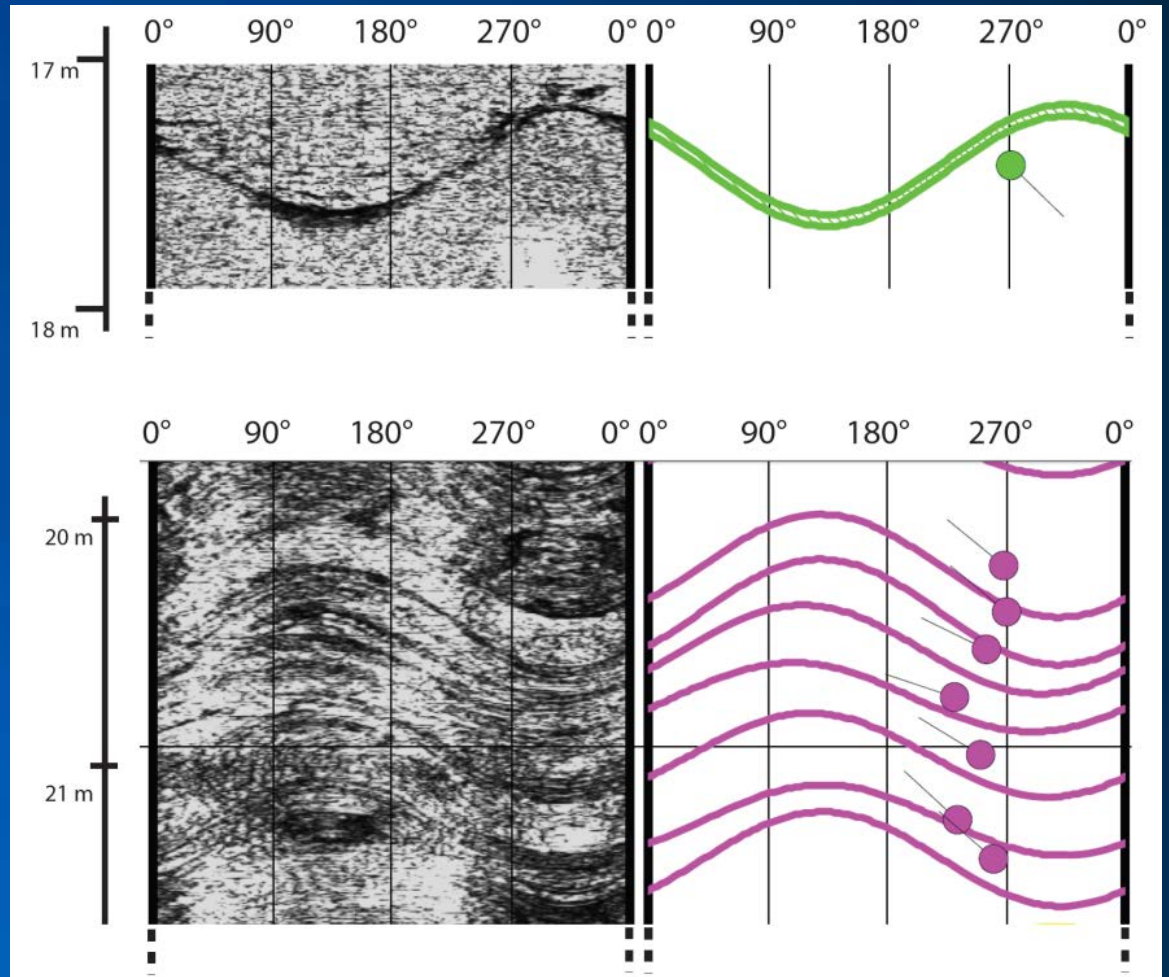
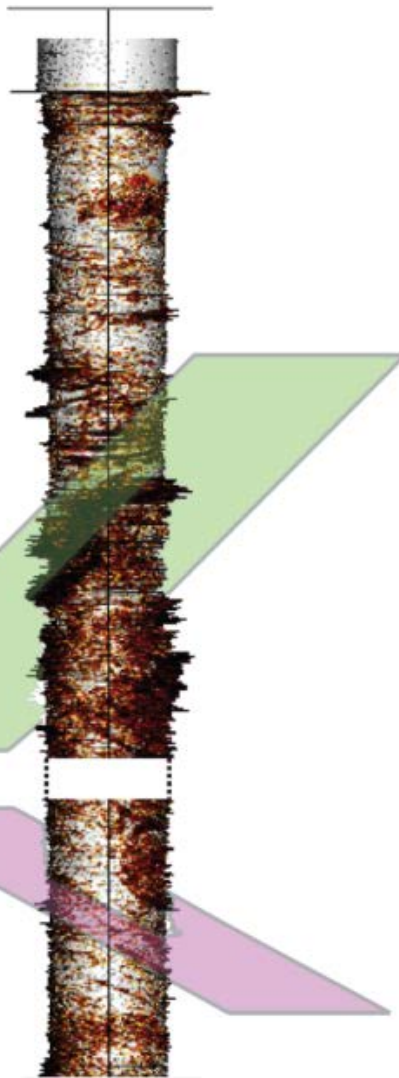
# Diagraphie en forage

38 puits diagraphiés en Montérégie-Est  
(projet PACES-INRS)

Débitmètre	L'eau
Température et résistivité électrique de l'eau	
Gamma naturel	Connaissance géologique
Susceptibilité magnétique	
Résistivité électrique du roc	
Propagation des ondes acoustiques	
Diamètreur	Systèmes de fractures
<b>Sonde acoustique (<i>Acoustic Televiewer</i>)</b>	

(R. Morin 2010-2011)  
(Crow et al. 2011)

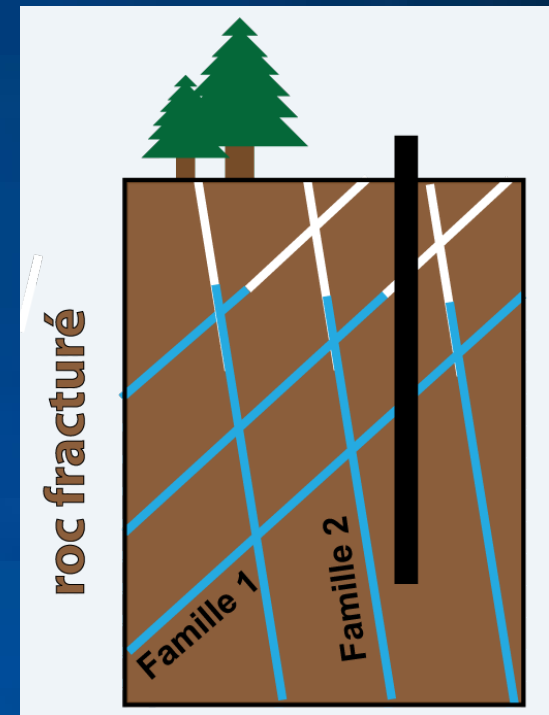
# Sonde acoustique en forage



(Crow et al, 2012; Open-File 7077, GSC) <sup>11</sup>

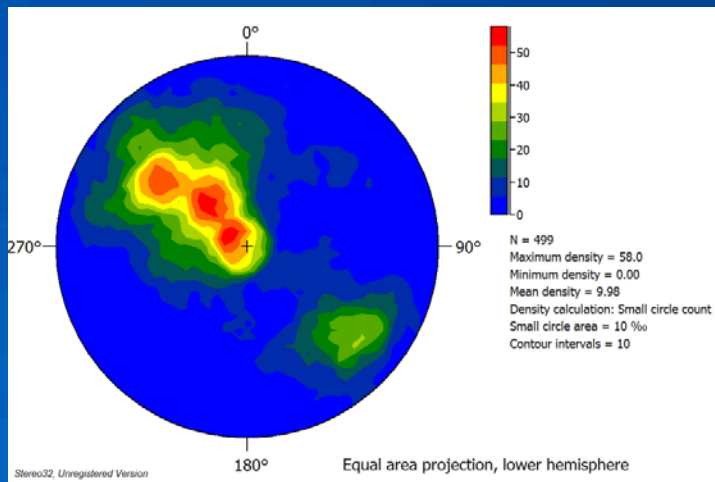
# Familles de fractures et biais d'orientation

- Identification des familles de fractures
- Correction du biais d'orientation (Terzaghi, 1965), dû à l'angle variable entre les structures et le forage
- Évaluation de la fréquence réelle des structures

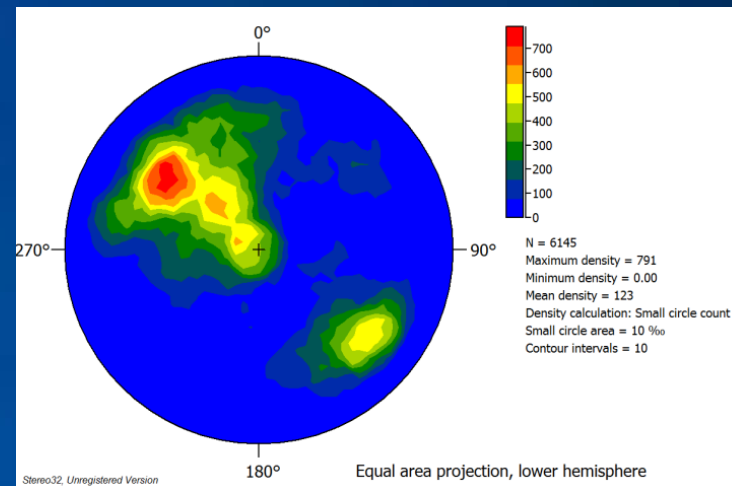


# Diagrammes de densité de pôles de fracture

sans correction



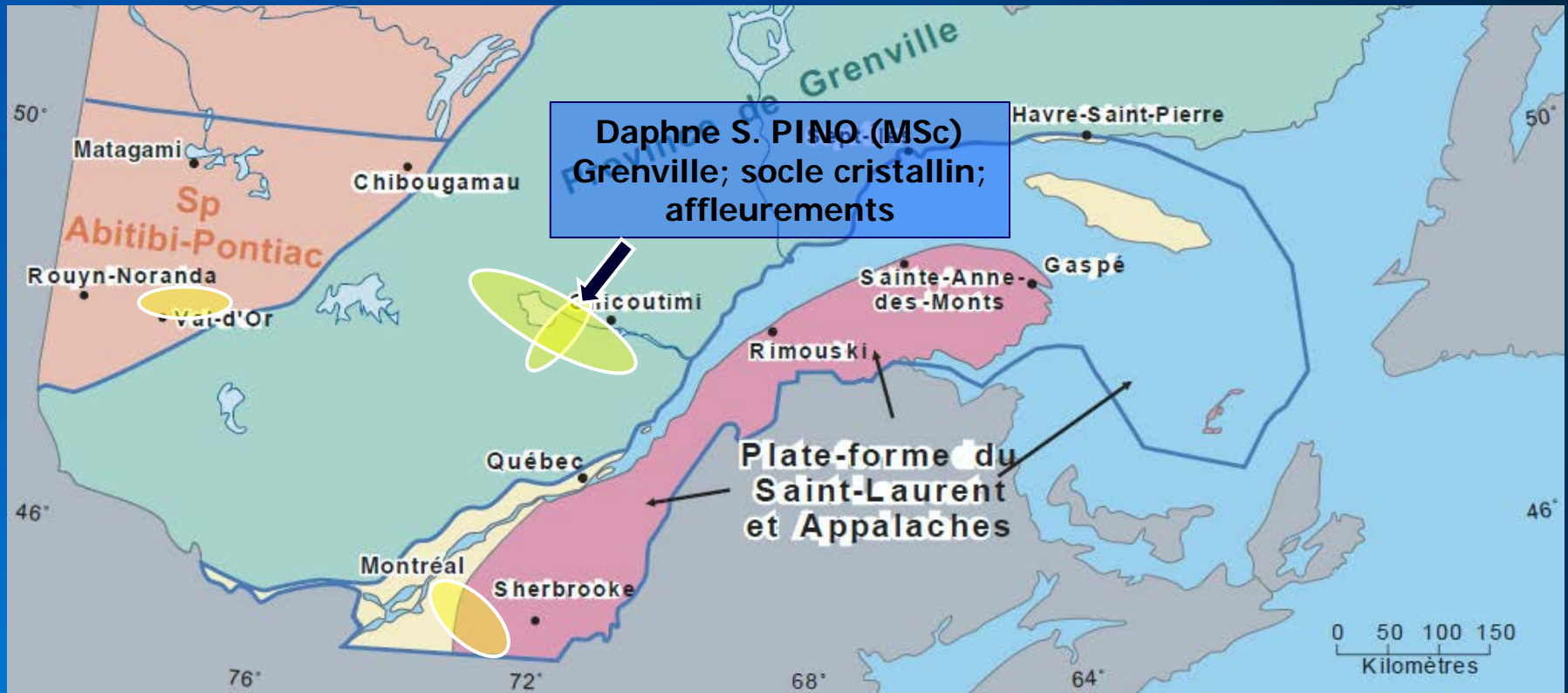
avec correction



- ▶ Direction NE-SO ( // structures géologiques régionales dans les Appalaches)
- ▶ Systèmes de fractures orthogonales

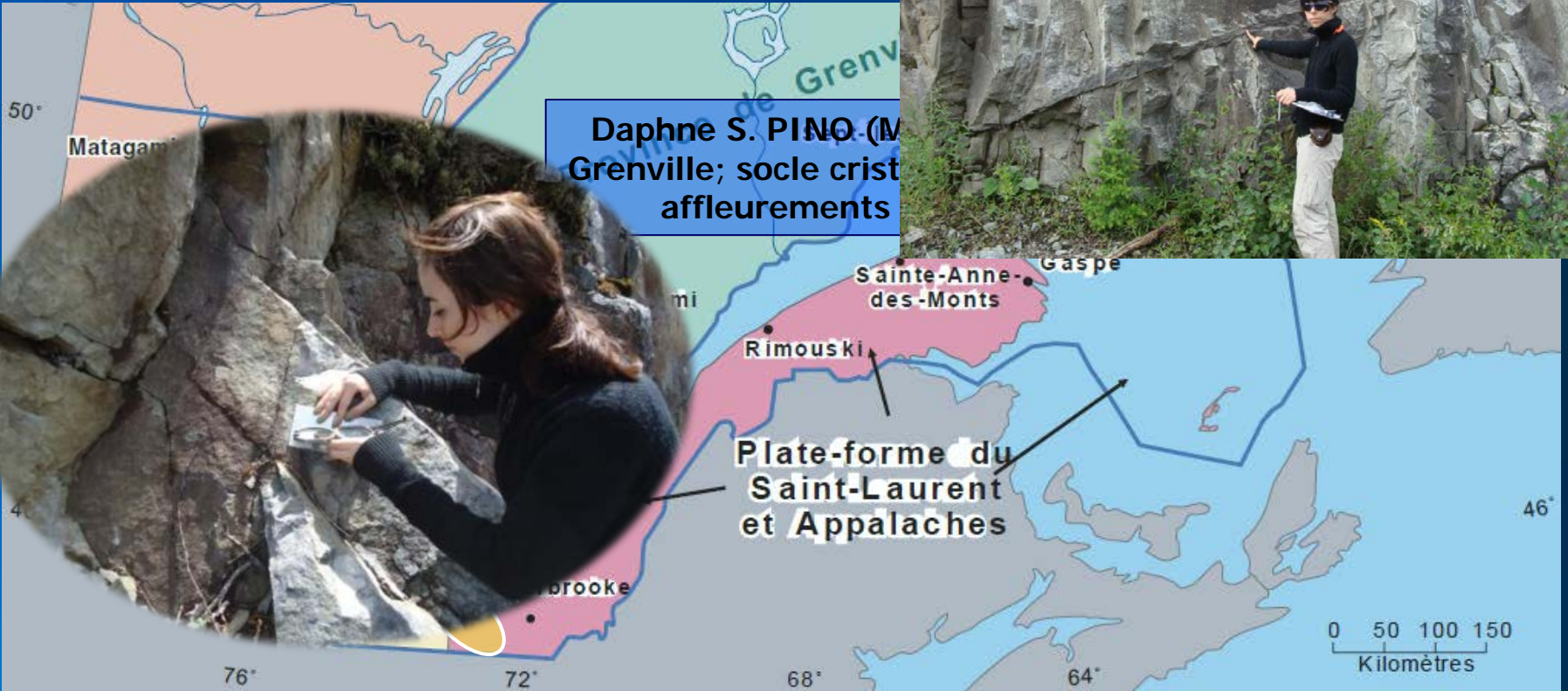
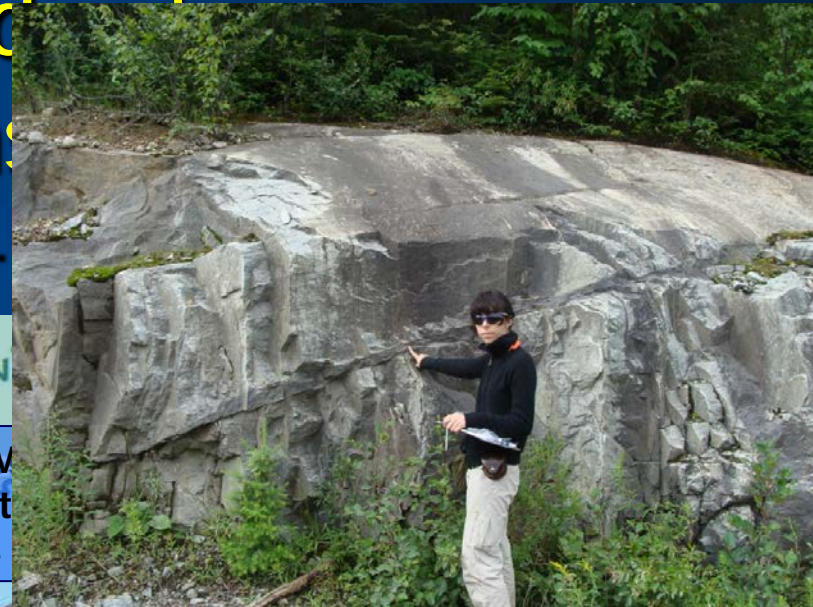
# Quatre étudiants et leurs terrains d'étude

## Provinces géologiques – Sud du Québec

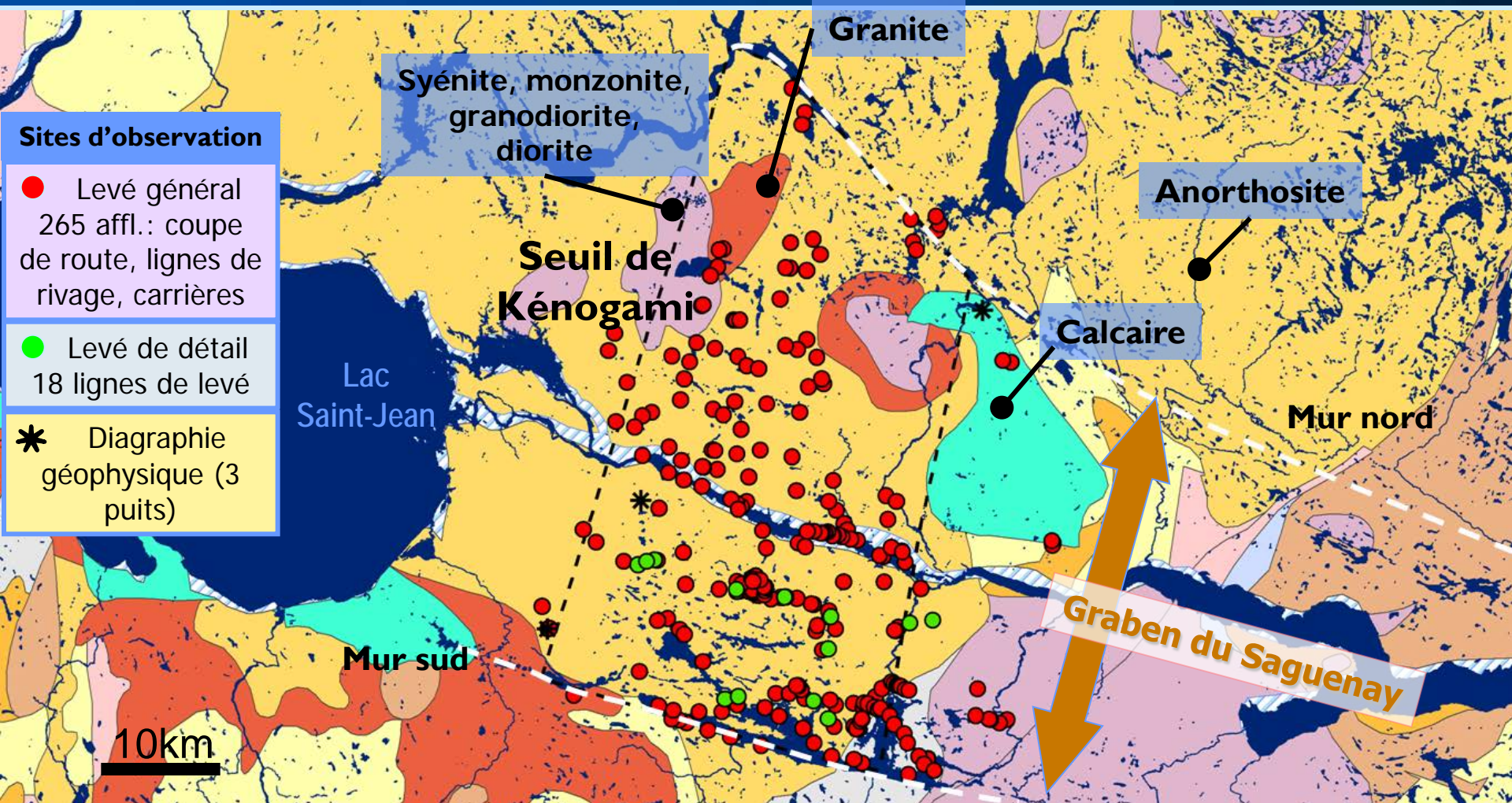


# Quatre études et leurs terrains

## Provinces géologiques –



# Levés structuraux



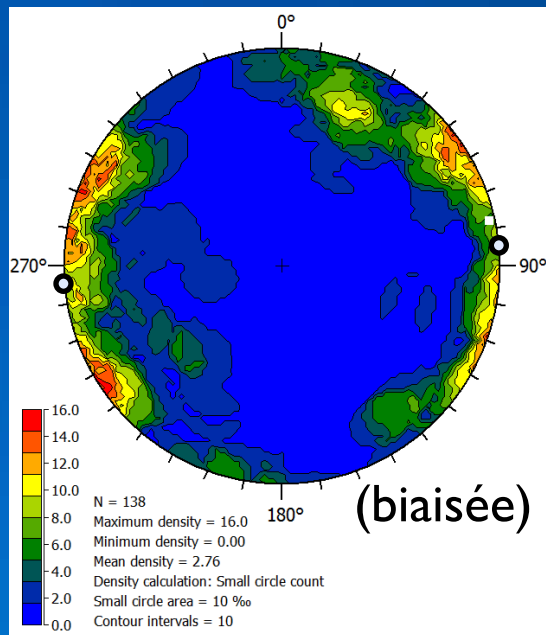
Carte géologique: Avramtchev (1993).

(Pino 2012)



# Densité réelle des joints

- Déterminer les principales familles de joints
- Corriger le biais d'orientation
- Estimer la densité et les espacement réels

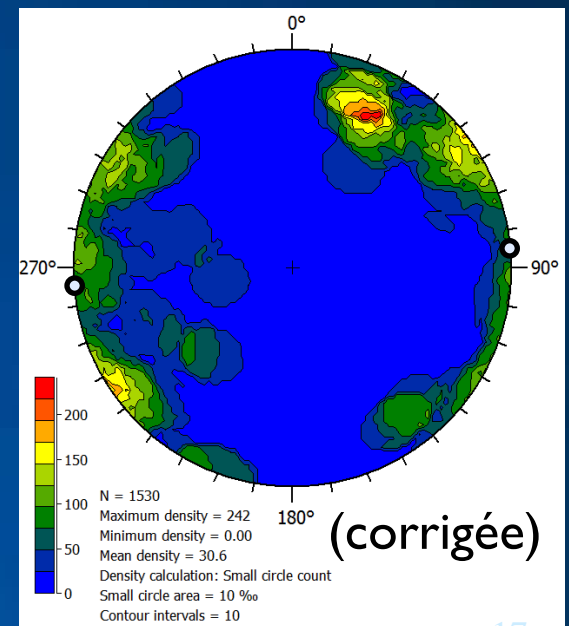


Exemple:

DP-156

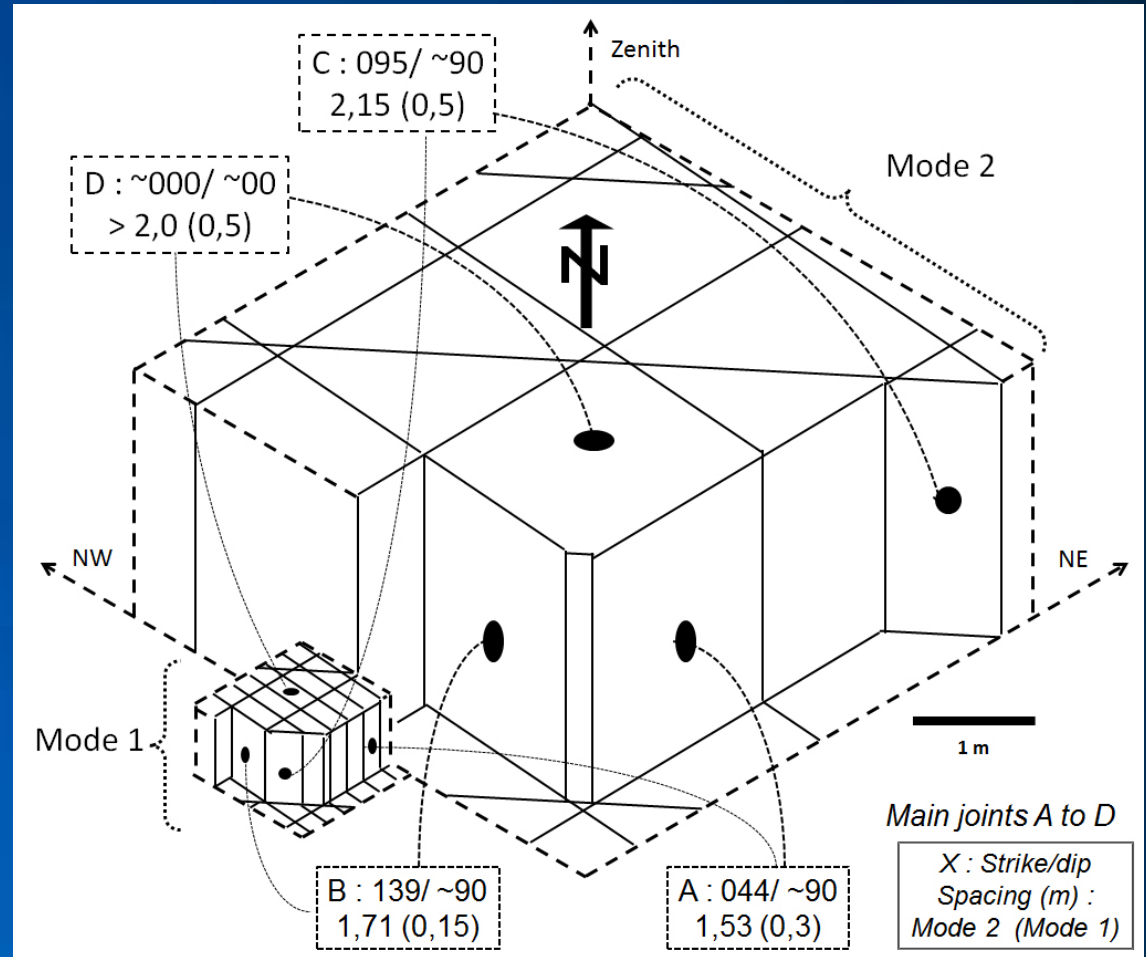
● scanline

(Pino 2012)



# Blocs unitaires: taille et géométrie

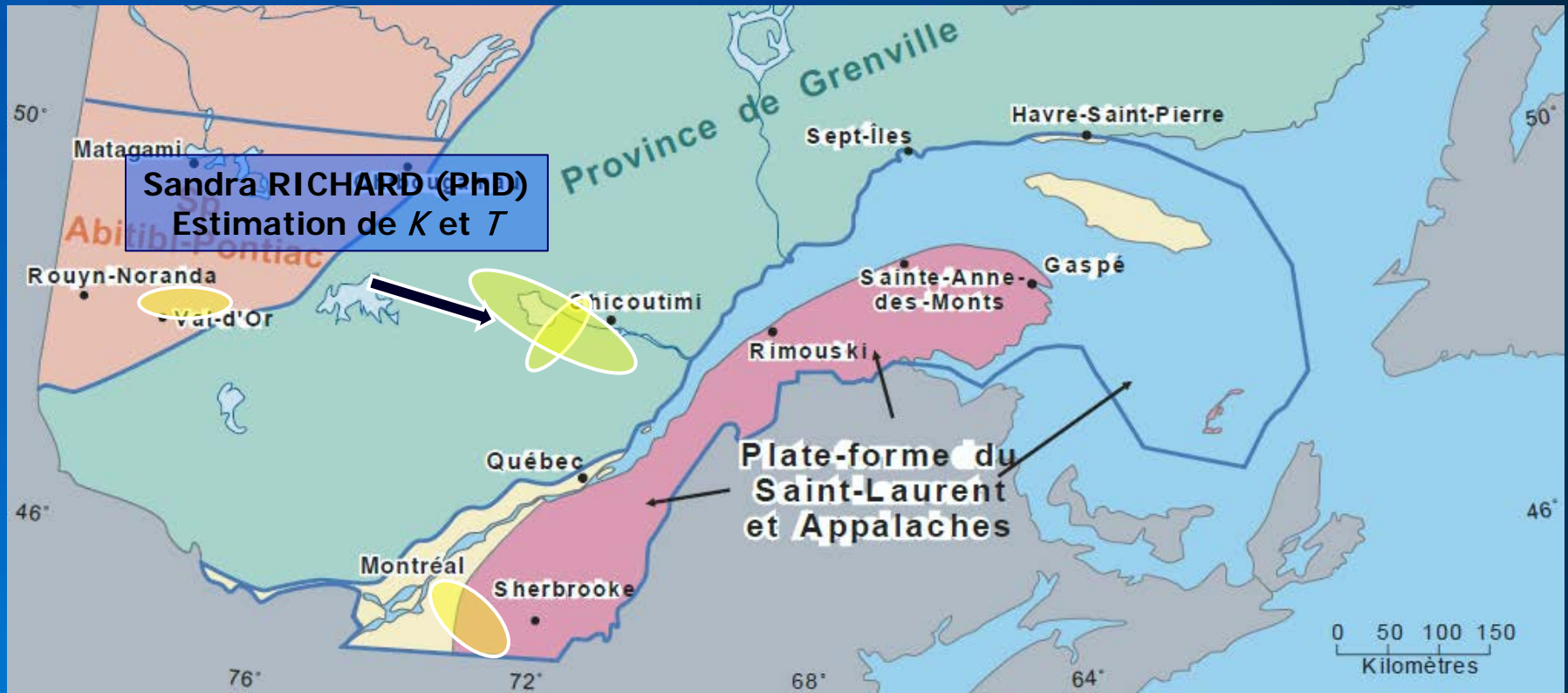
- 4 familles de joint
- Histogrammes des espacements réel  
2 modes de fréquence
- 2 modes de bloc unitaire
- Éléments de base de modèles hydrogéologiques conceptuels



(Pino et al. 2013)

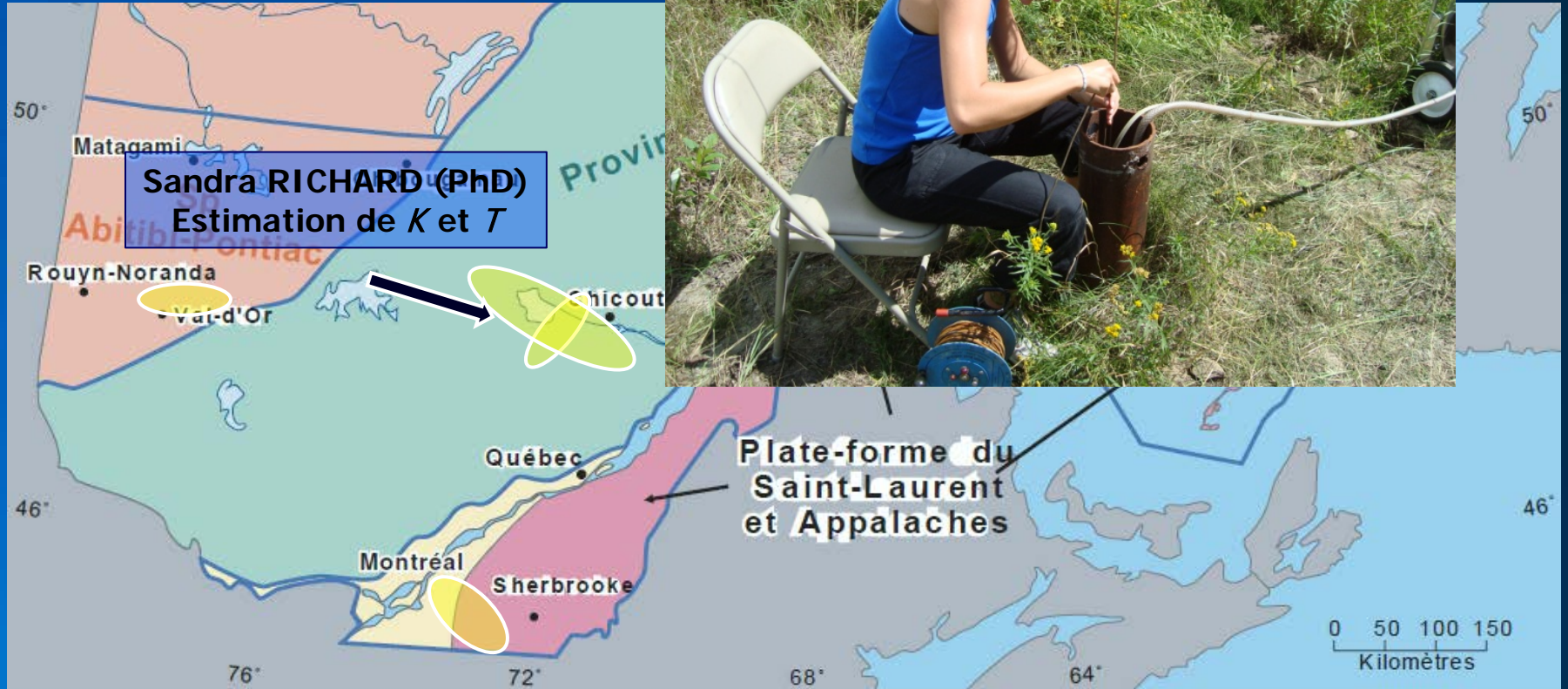
# Quatre étudiants et leurs terrains d'étude

## Provinces géologiques – Sud du Québec



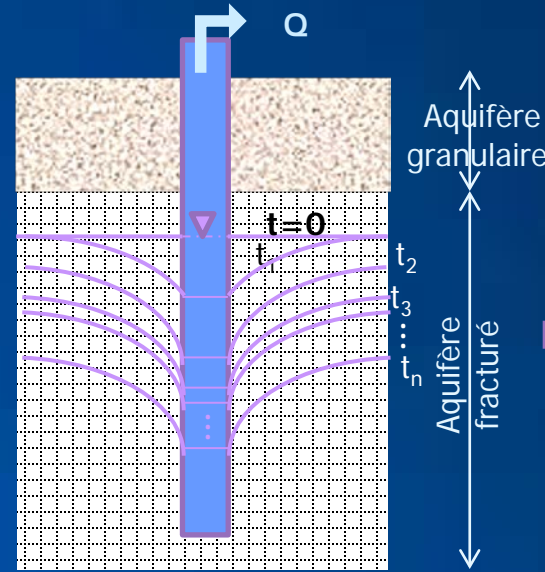
# Quatre étudiants et leurs t

## Provinces géologiques



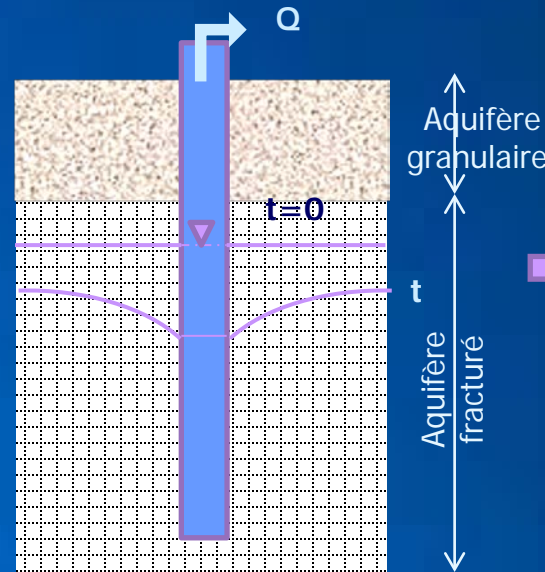
# Estimer la transmissivité du socle rocheux

- Peu de valeurs de transmissivité car peu d'essais de pompage longue durée (4 puits municipaux)



Droite de Cooper-Jacob  
→  $T$

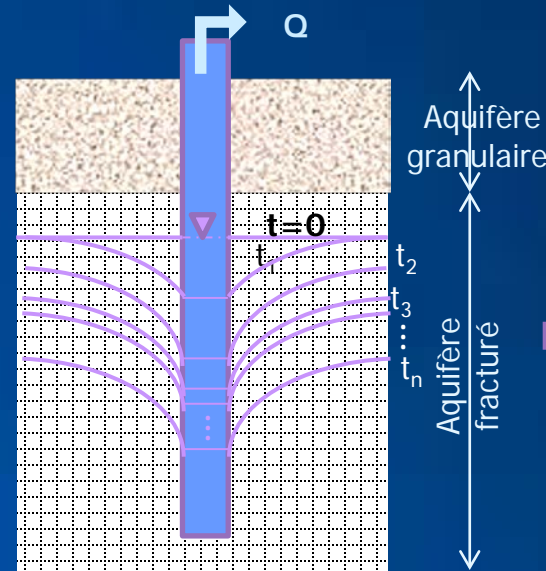
Mais beaucoup d'essais de débit spécifique (1294 puits privés)



~~Droite de Cooper-Jacob~~

# Estimer la transmissivité du socle rocheux

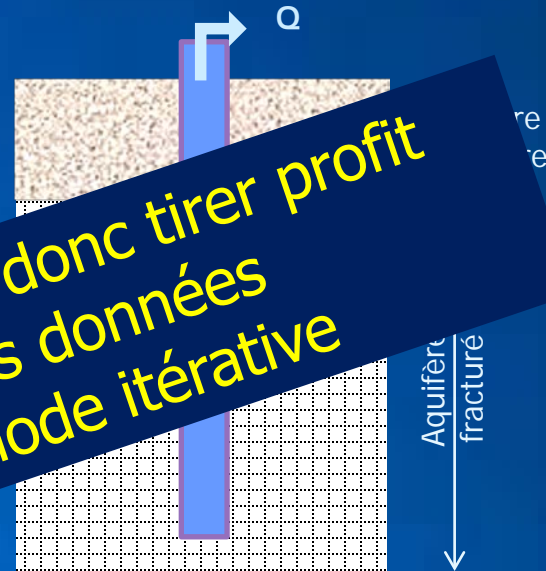
■ Peu de valeurs de transmissivité car peu d'essais de pompage longue durée (4 puits municipaux)



Droite de Cooper-Jacob  
→  $T$

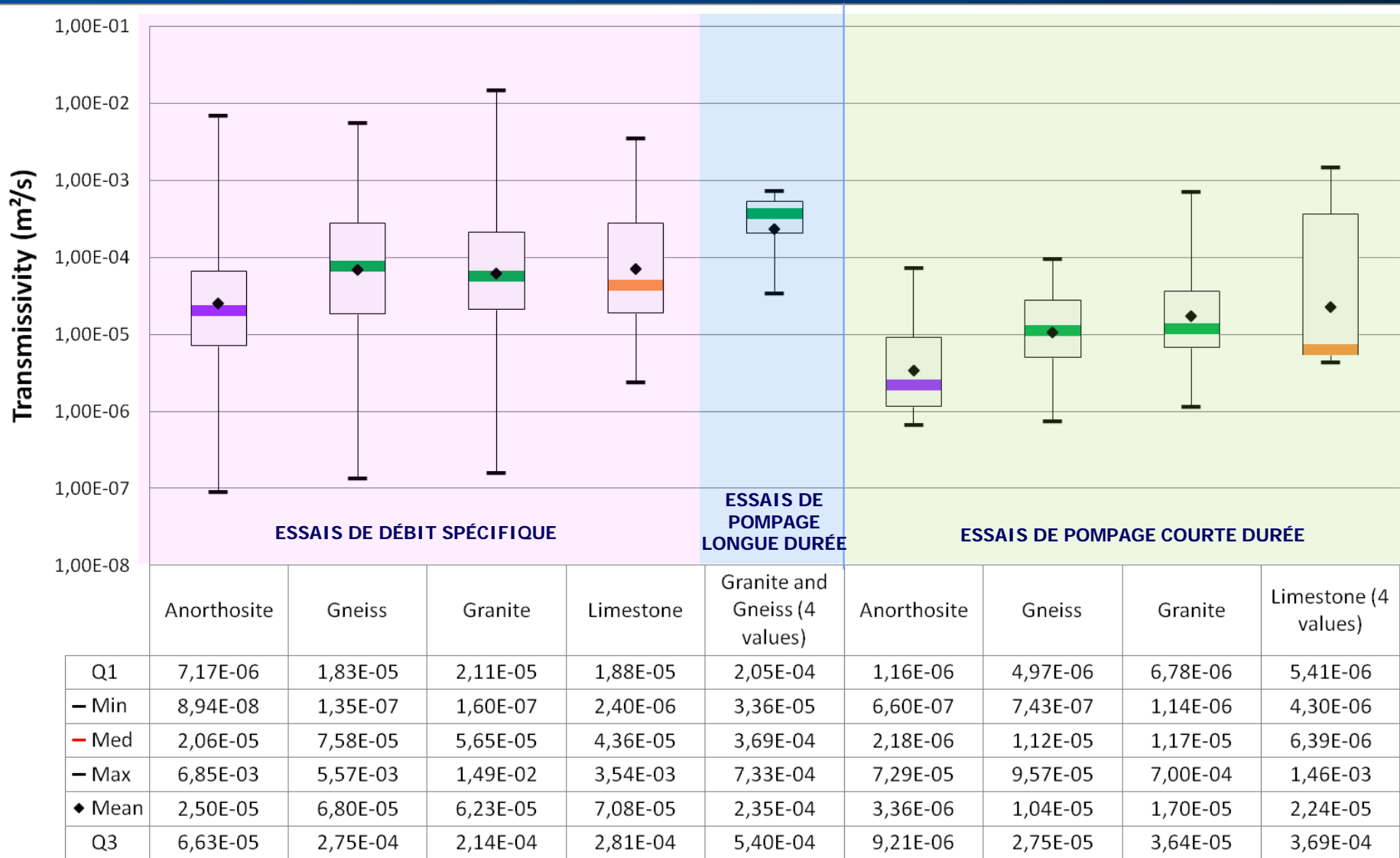
Mais beaucoup d'essais de débit spécifique (1294 puits privés)

**Il faut donc tirer profit de ces données**  
**Méthode itérative**



~~Droite de Cooper-Jacob~~

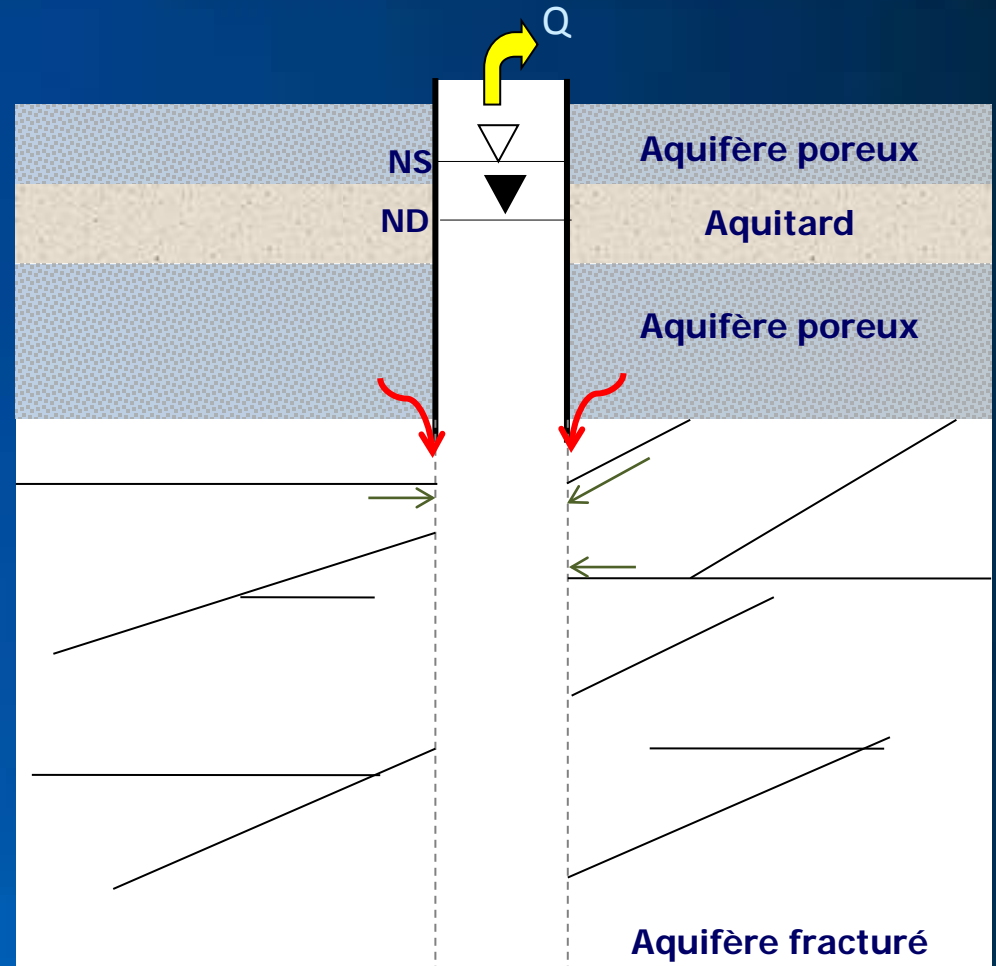
# Résultats pour la transmissivité



(Richard, 2012)

# Une interférence hydraulique

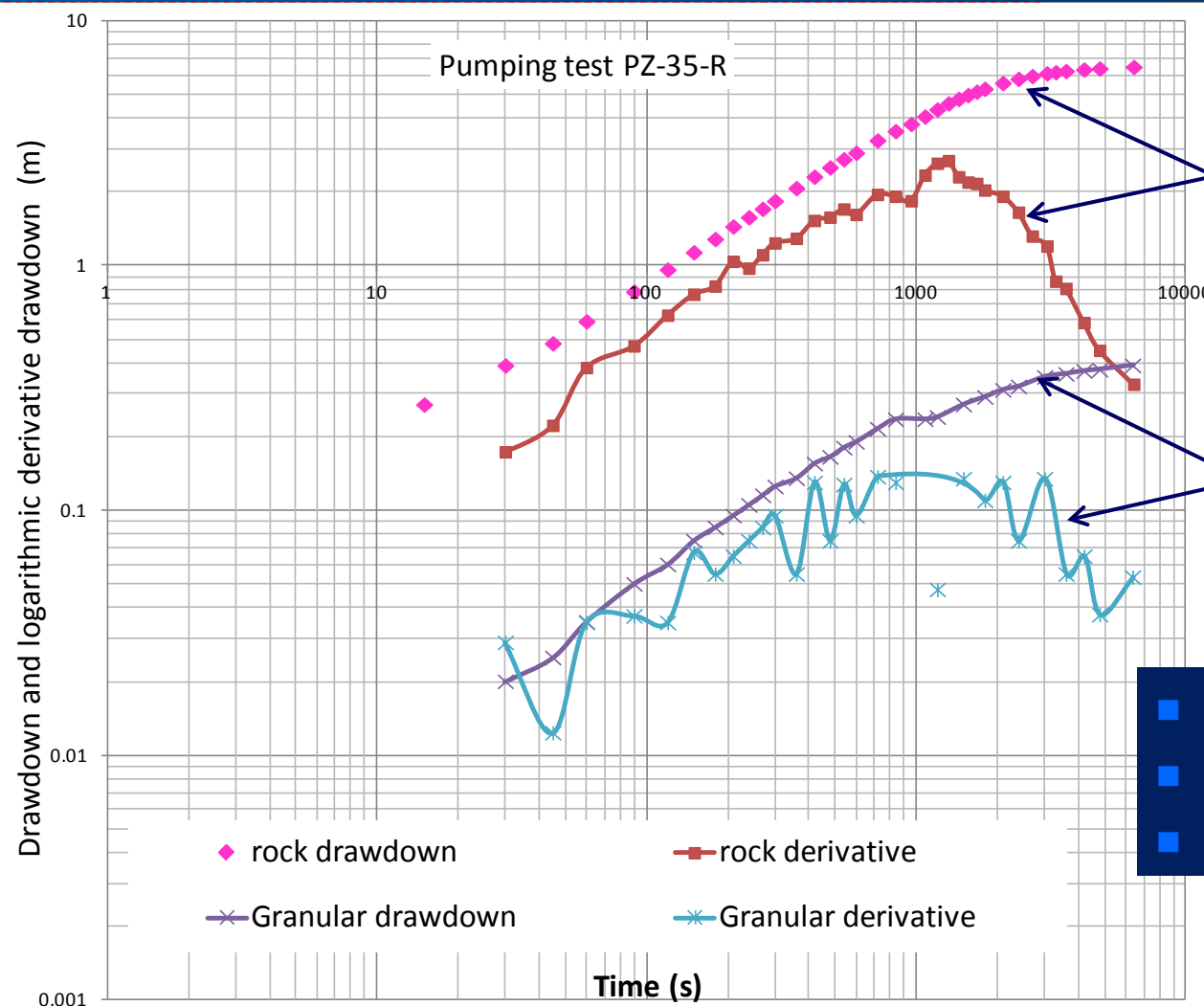
- 5 puits sur 7 diagraphiés
- Une partie importante de l'eau pompée provient de l'aquifère sus-jacent, du fait d'un défaut d'ancrage du tubage





# Indication d'une connection hydraulique

## Graphique du rabattement et de sa dérivée



Puits dans le roc

Piézomètre dans  
aquifère granulaire

- Comportement similaire
- Même système aquifère
- Connection hydraulique

# CONCLUSIONS (1/2)

- Diverses approches d'intégration des données structurales à l'hydrogéologie régionale

⇒ *Hydrogéologie structurale*

- Utilisation de données existantes en grand nombre, e.g. sur le débit spécifique
- Utilisation d'infrastructures et données minières pour les connaissances sur l'hydrogéologie régionale
- Correction de données pour une meilleure caractérisation hydrogéologique
  - e.g. biais d'orientation des structures, interférence hydraulique le long d'un forage

# CONCLUSIONS (2/2)

- Apports à la modélisation hydrogéologique conceptuelle d'un territoire, e.g. les blocs unitaires
- Autres facteurs à considérer
  - Évaluation de la porosité: fracture et matrice
  - Effets des contraintes géomécaniques
- Enjeux: vulnérabilité et protection de la ressource

# L'ÉQUIPE

- Alain ROULEAU (responsable), UQAC

## *Ordre alphabétique*

- Romain CHESNAUX, UQAC
- Vincent CLOUTIER, UQAT
- Pierre A. COUSINEAU, UQAC
- Réal DAIGNEAULT, UQAC
- Amélia FERNANDES, Inst. Geológico, SP, Brésil
- René LEFEBVRE, INRS-ETE
- Roger MORIN, USGS Denver
- Miroslav NASTEV, CGC Québec
- Denis W. ROY, UQAC

## Étudiants

Emmanuelle B. GAGNÉ (MSc)  
Pierre LADEVÈZE (MSc-INRS)  
Daphne S. PINO3 (MSc, 2012)  
Sandra RICHARD (PhD)

# MERCI

Développement durable,  
Environnement  
et Parcs

Québec



*Programme d'acquisition de connaissances  
sur les eaux souterraines*

Projets:

- Saguenay-Lac-Saint-Jean
- Abitibi-Témiscamingue
- Montérégie-Est

Fonds de recherche  
sur la nature  
et les technologies

Québec



*LA FONDATION DE  
L'UNIVERSITÉ DU  
QUÉBEC À CHICOUTIMI*



**MERCI  
DE VOTRE ATTENTION**