

13 mai 2014, ACFAS, COLLOQUE 207, U. Concordia, Montréal

Projet d'acquisition de connaissances sur les eaux souterraines (PACES) en Chaudière-Appalaches - Contexte d'écoulement et géochimie -

Jean-Marc Ballard, Chargé de projet, INRS

Marc-André Carrier, Chargé de projet, INRS

Laureline Berthot, Stagiaire, INRS

René Lefebvre, Ph.D., Professeur titulaire, INRS

Plan de la présentation

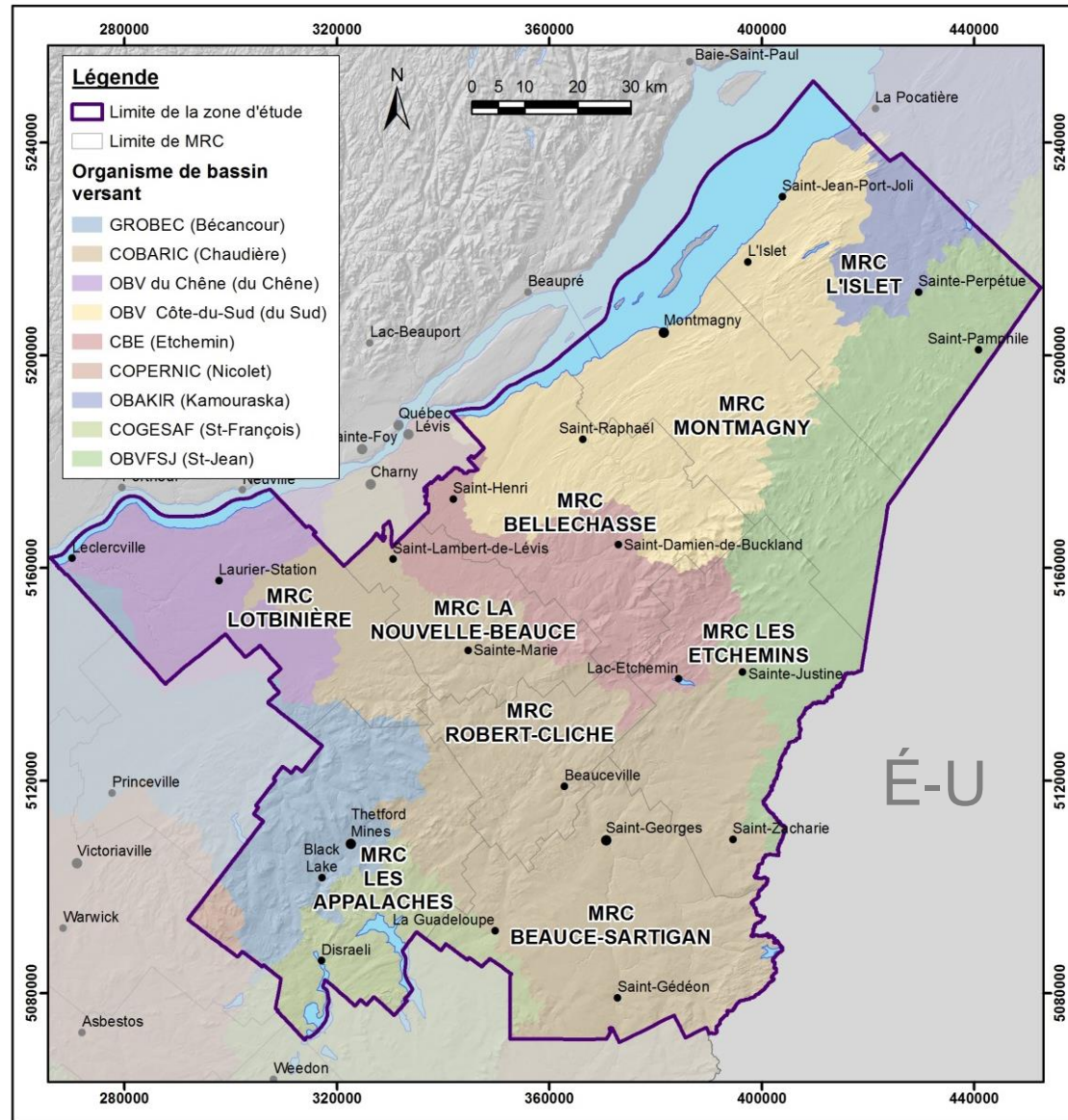
- Contexte de la région d'étude
 - Présentation de la région d'étude
 - Géologie et hydrogéologie
- Qualité et géochimie de l'eau souterraine

Présentation de la région d'étude

PACES Chaudière-Appalaches

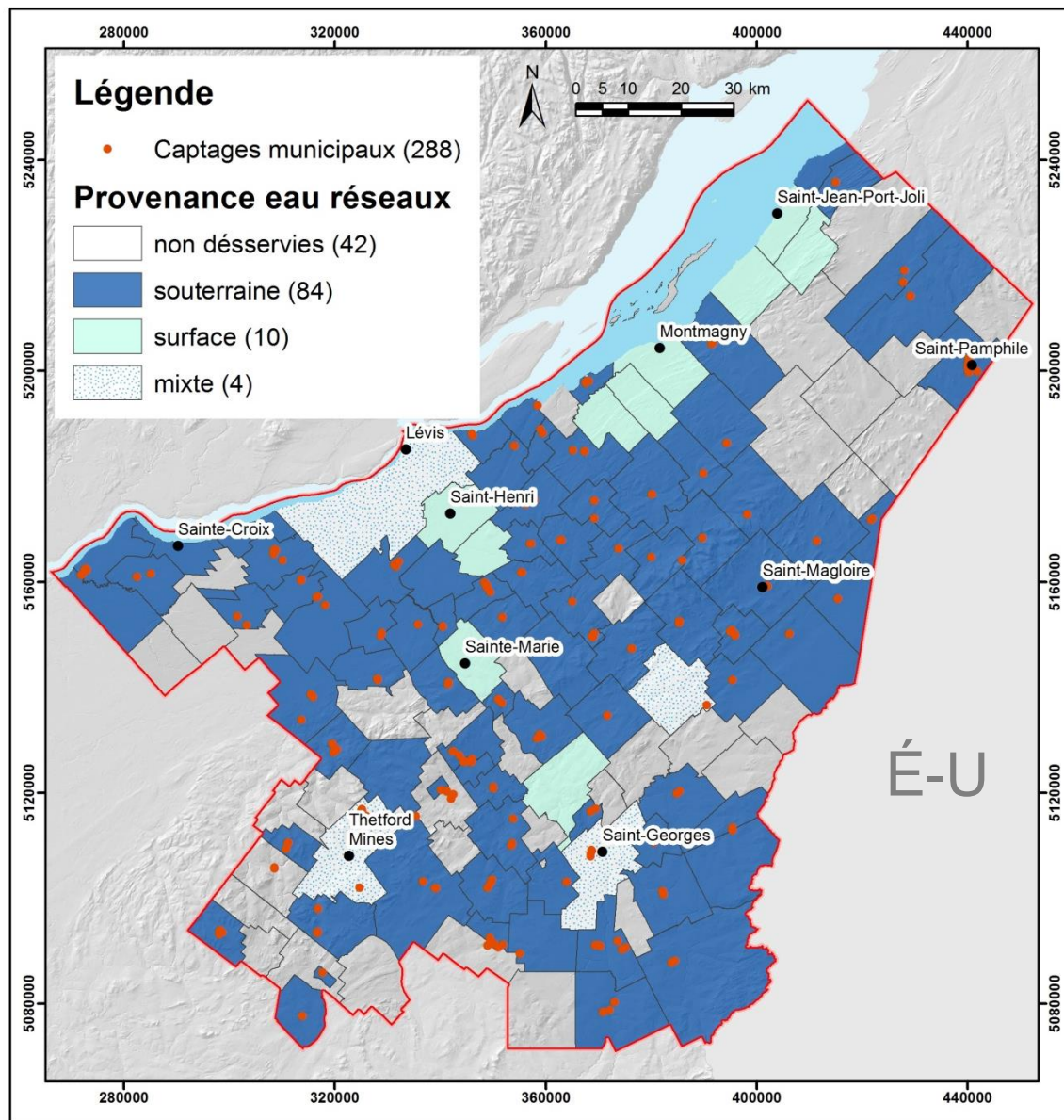
Ampleur de la région:

- 15 600 km²
- 9 MRC
- 9 OBV
- 135 municipalités
- 287 000 de population
- 40% de la population dans 10 municipalités



Utilisation d'eau

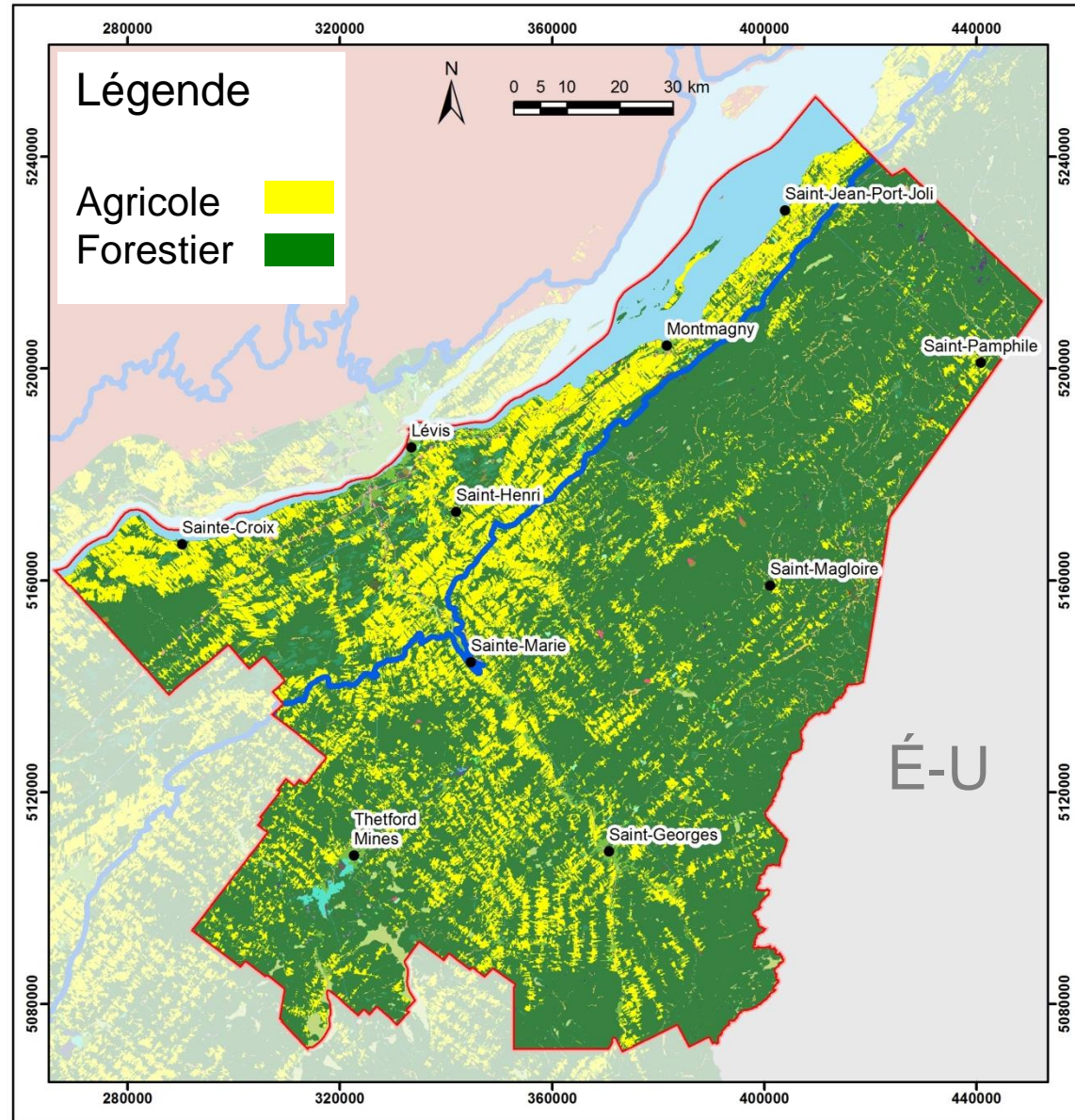
- **70%** de la population est desservies par l'eau souterraine (via puits privés ou réseaux municipaux)
- **84/135** municipalités (60%) utilisent l'eau souterraine, 8% utilisent l'eau de surface et 32 % n'ont pas de réseau)
- **290** puits municipaux répertoriés



Occupation du territoire

22 % agricoles, surtout concentré en bordure du Saint-Laurent, en dessous de la limite marine et dans les vallées des rivières Chaudière et Etchemins

60 % forestier, surtout dans la partie sud-est, dans les Appalaches



Géologie et hydrogéologie

Carte des dépôts quaternaires

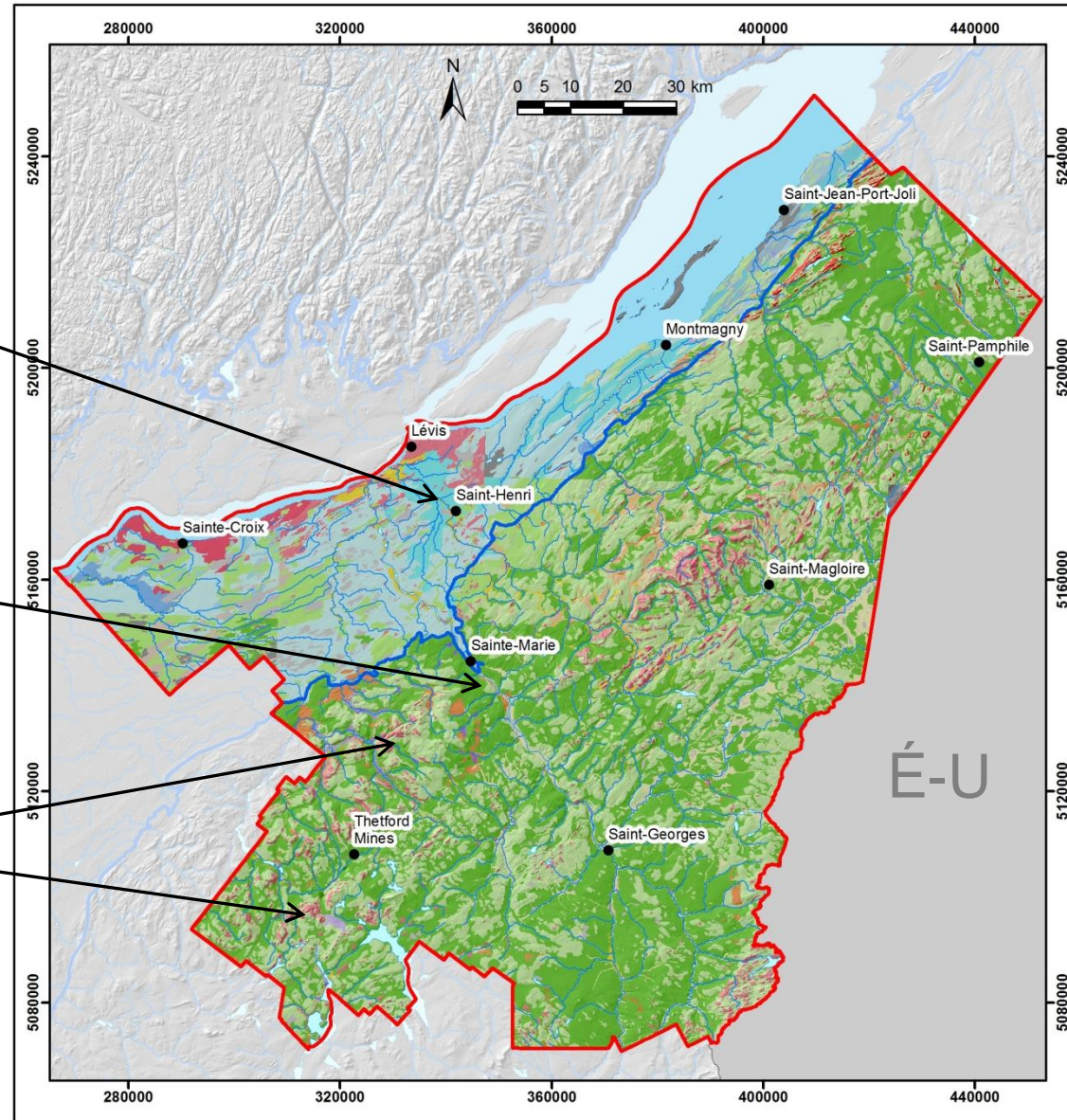
Sédiments marins

- Argiles mer de Champlain

Sédiments glaciaires

- Tills minces et perméables

Roc affleurant

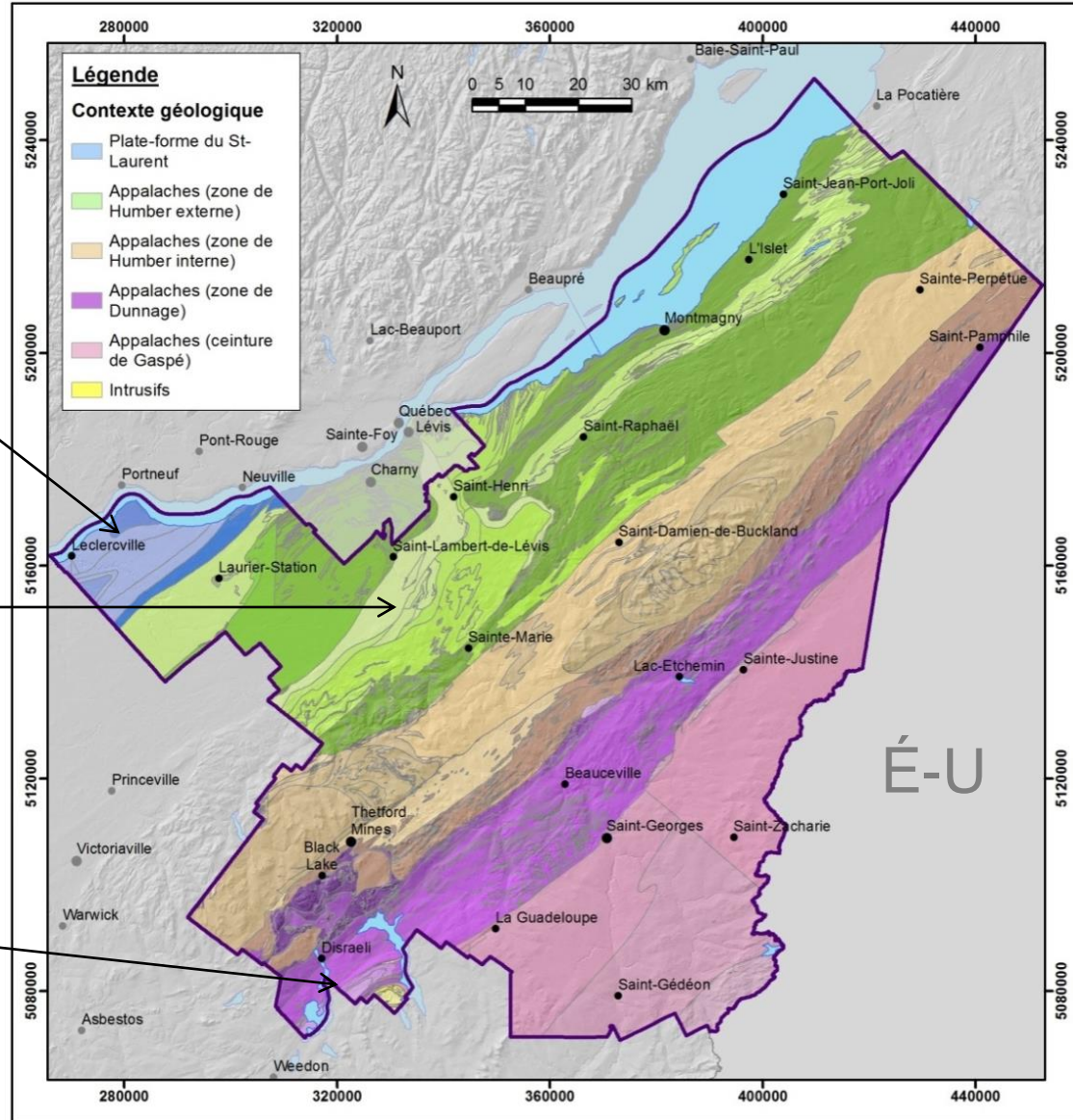


Géologie du roc

- **Plate-forme du St-Laurent:**
 - Roches sédimentaires peu ou pas déformées

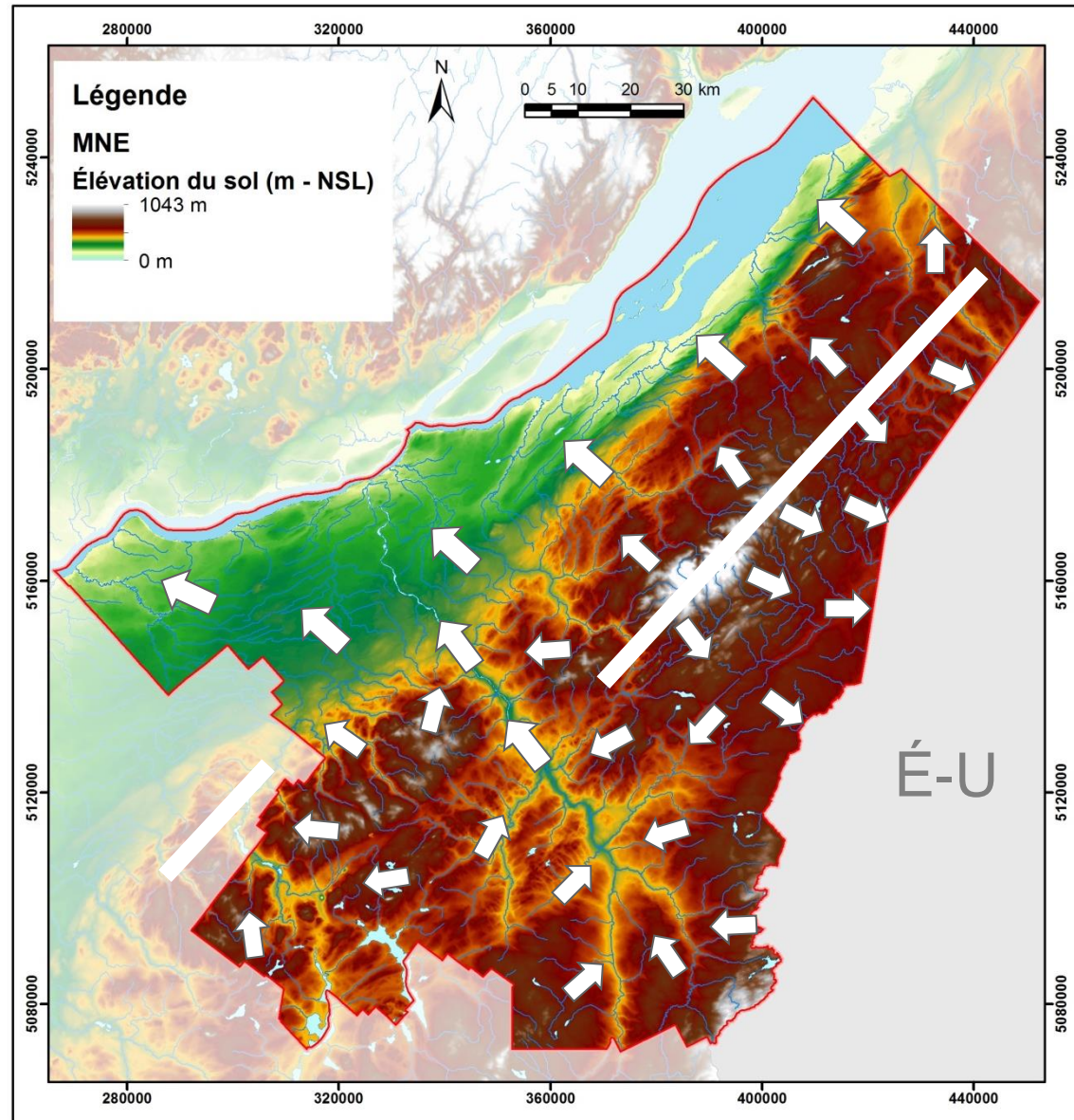
- **Province géologique des Appalaches:**
 - Roches sédimentaires et métamorphiques peu à fortement déformées

- **Roches intrusives:**



Topographie et écoulement de l'eau

L'écoulement se fait des Appalaches vers le fleuve Saint-Laurent, avec des variations locales causées par la topographie et les cours d'eau



Model conceptuel d'écoulement

- Processus géochimiques de rocs fracturés

Zone de recharge
-roc-

Contaminants anthropiques
 $\text{Cl-NO}_3\text{-SO}_4$

Résurgence

Mer de Champlain

Exutoire

Ca-HCO_3

Dissolution
Minéralisation
Hydrolyse..

Ca-Mg-HCO_3

Mélanges

Na-HCO_3

Échanges ioniques..

Na-Cl

Fluve

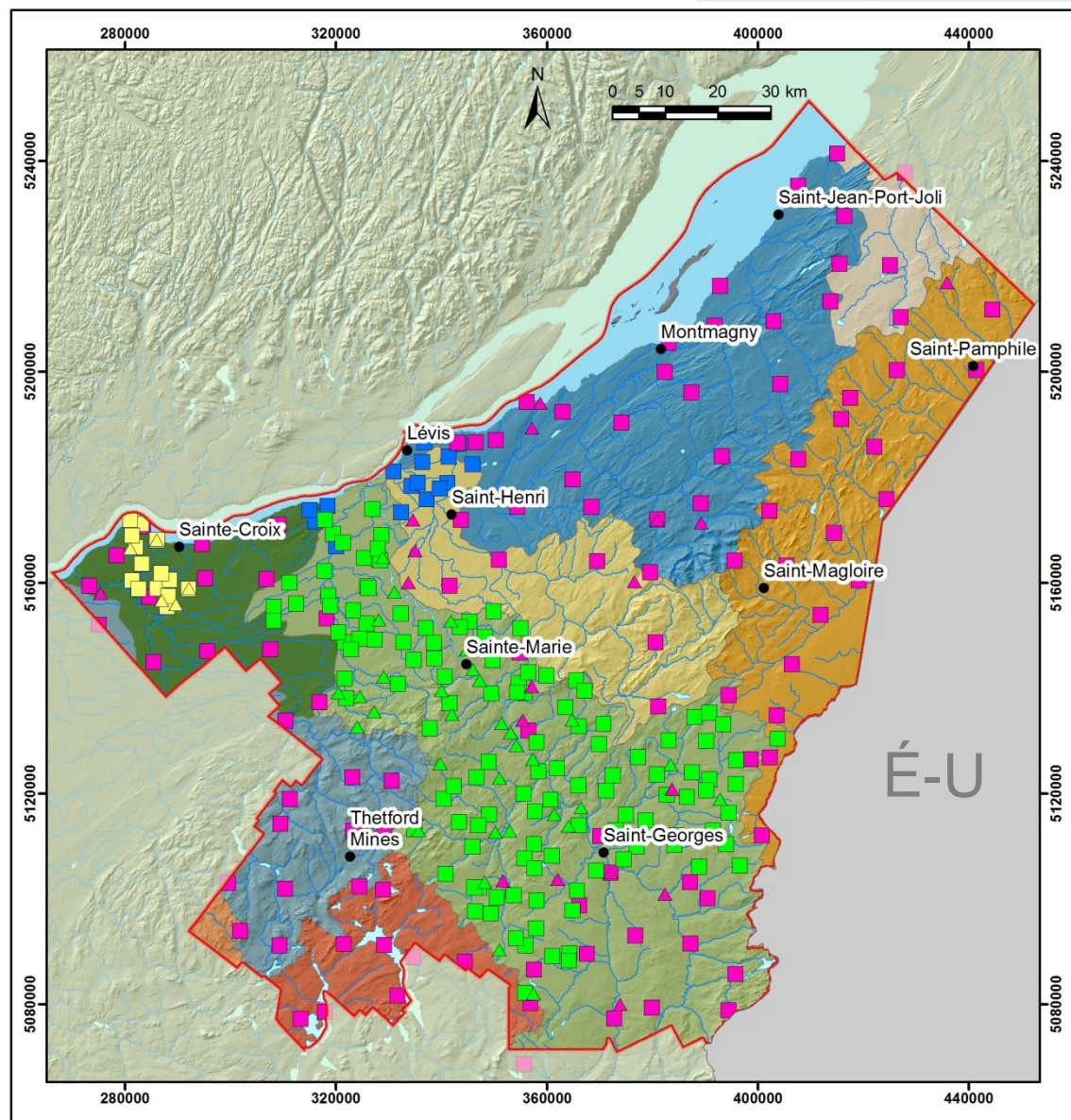
Qualité et géochimie de l'eau souterraine

Sources de données géochimiques

Total: 318 échantillons

Légende

- CEDAQ (roc)
- CGC (roc)
- PACES CMQ (roc)
- INRS (roc)



Analyses chimiques (inorganiques)

Paramètres systématiques (tous les échantillons)				Paramètres sélectifs (~ 1/4 des échantillons)	
30 Métaux	Aluminium	Calcium	Magnésium	Sodium	Isotopes
	Antimoine	Cadmium	Manganèse	Strontium	
	Argent	Chrome	Molybdène	Titane	<u>Stables</u>
	Arsenic	Cobalt	Nickel	Uranium	• $\delta^2\text{H}$
	Baryum	Cuivre	Potassium	Vanadium	• $\delta^{18}\text{O}$
	Béryllium	Étain	Plomb	Zinc	• $\delta^{13}\text{C}$
	Bismuth	Fer	Sélénium		<u>Radioactifs</u>
	Bore	Lithium	Silicium		• Carbone 14 (^{14}C)
					• Tritium (^3H)
Anions	Alcalinité totale	Chlorures	Nitrites et nitrates	Gaz dissous	<u>Alcanes (C1 à C3)</u>
	Bromures	Fluorures	Sulfates (SO_4)		
Nutriments	Azote ammoniacale				• Méthane
	Phosphore total inorganique				
Autres	S ²⁻				• Propane
	CID				
	COD				
	Azote dissoute totale				
Is situ	T°		O ₂ dissous		
	pH		Matières dissoutes totales		
	Conductivité				



* Note: aucune analyse bactériologique.

Types d'eau souterraine

Diagramme de Piper

Pôle eaux
Ca-HCO₃
recharge

Pôle eaux
CA-Mg-HCO₃
Mélange

Pôle eaux
Effets
anthropiques:
Cl, NO₃, SO₄
NA-Cl
évoluées
vieilles

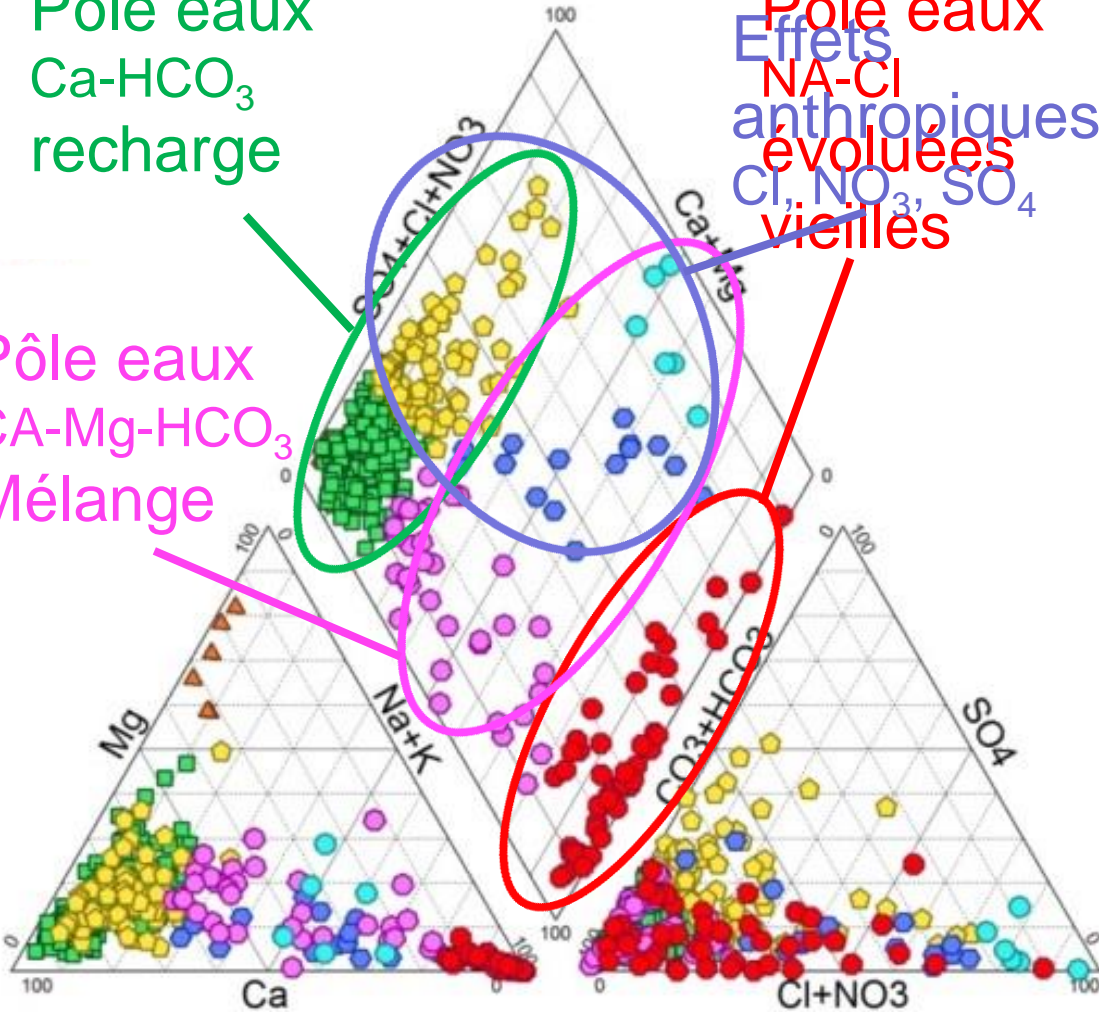
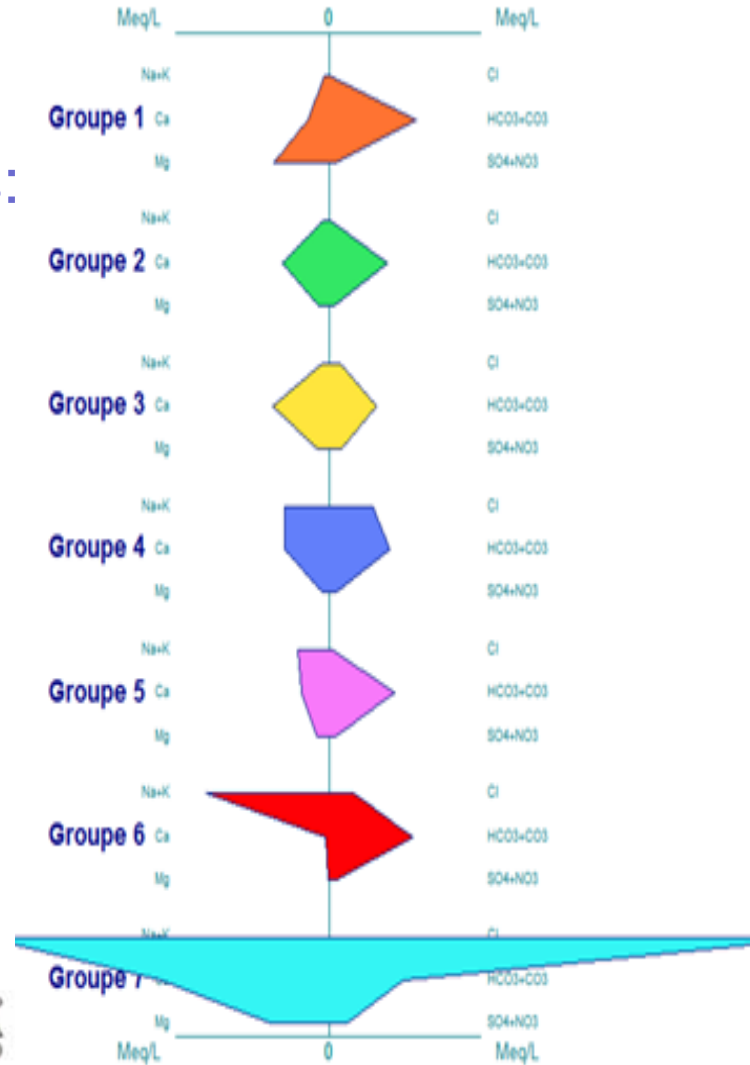
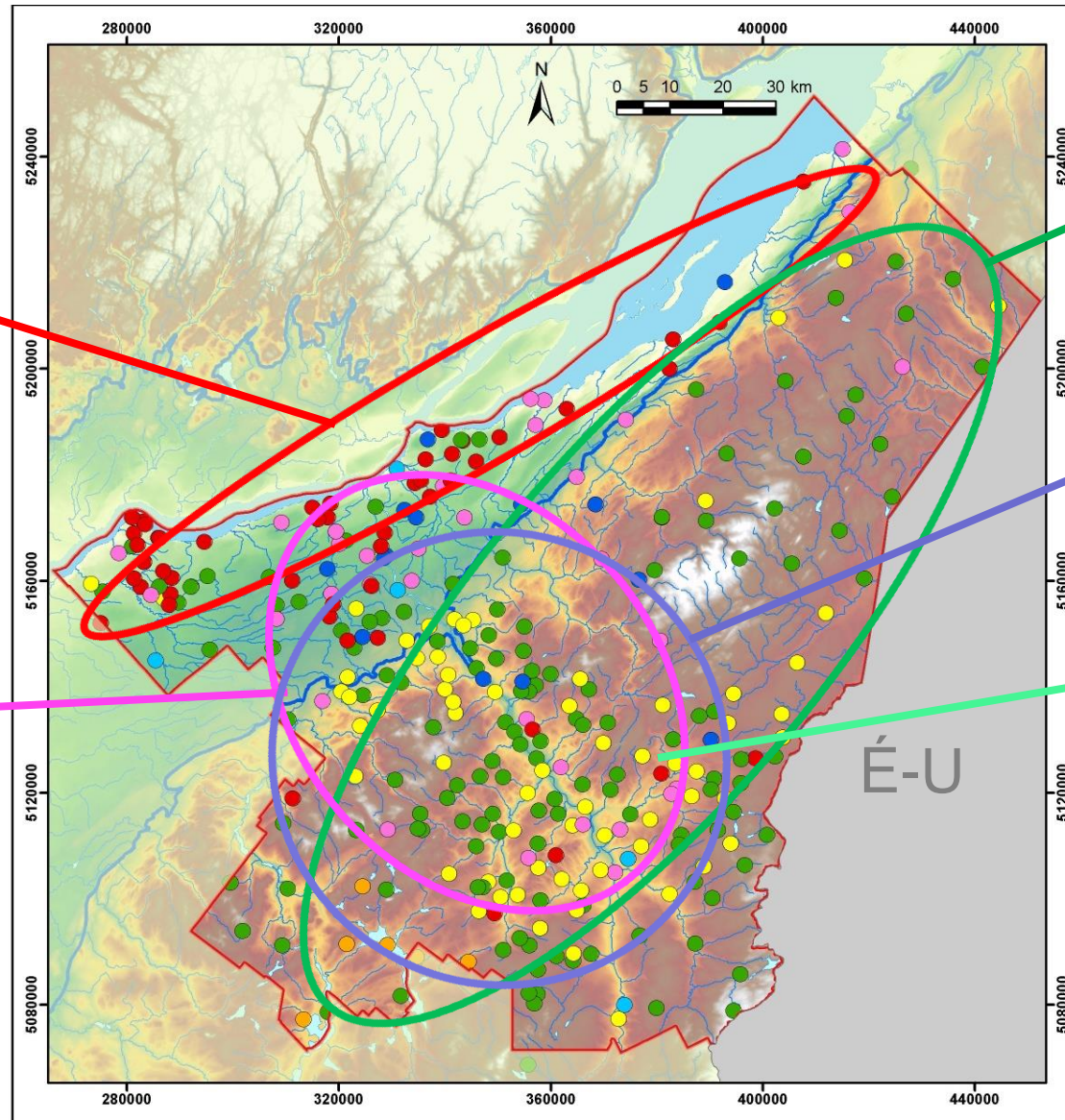


Diagramme de Stiff



Types d'eau souterraine



Pôle eaux recharge Jeunes

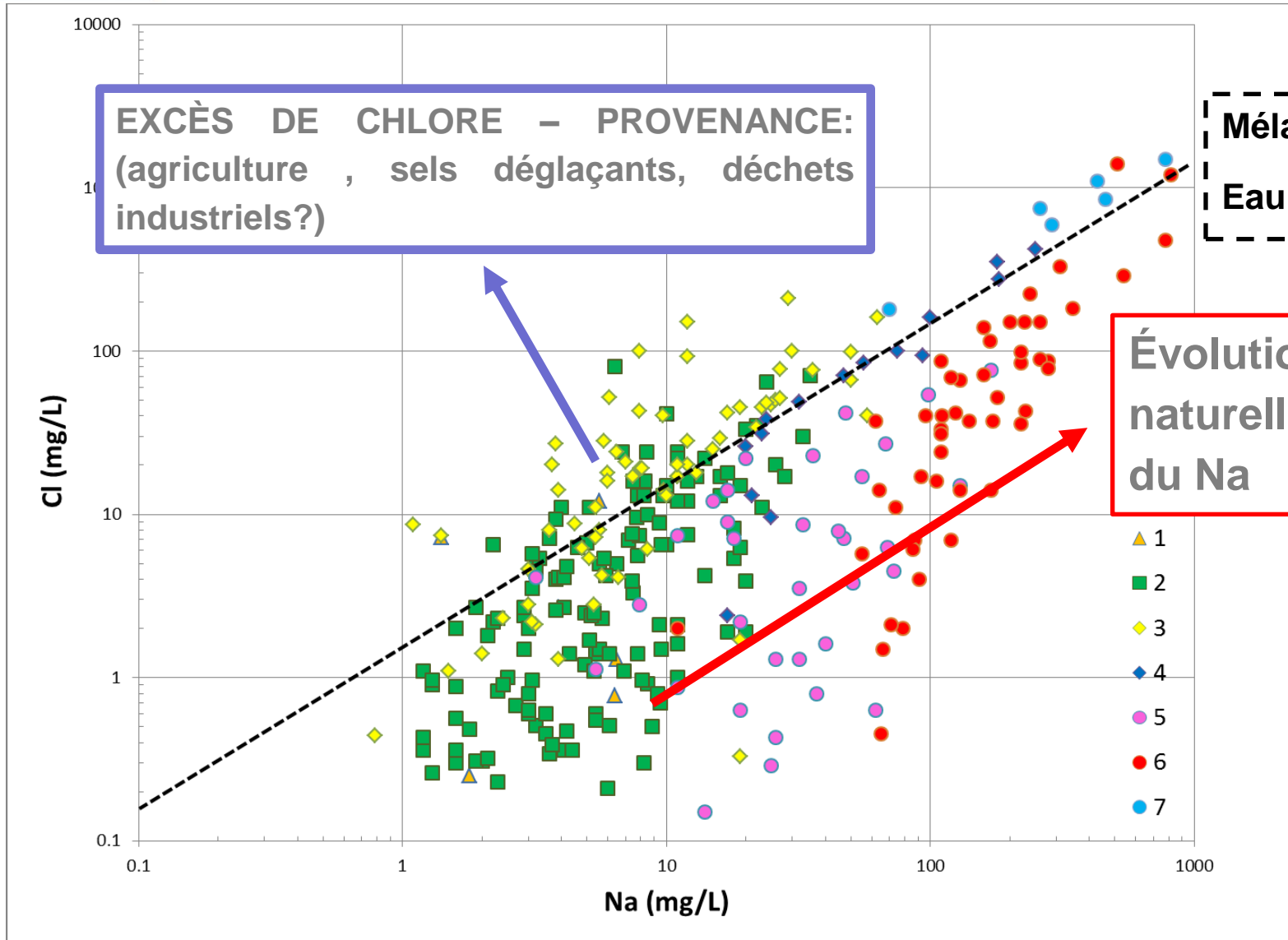
Pôle eaux anthropiques

Excès de chlore

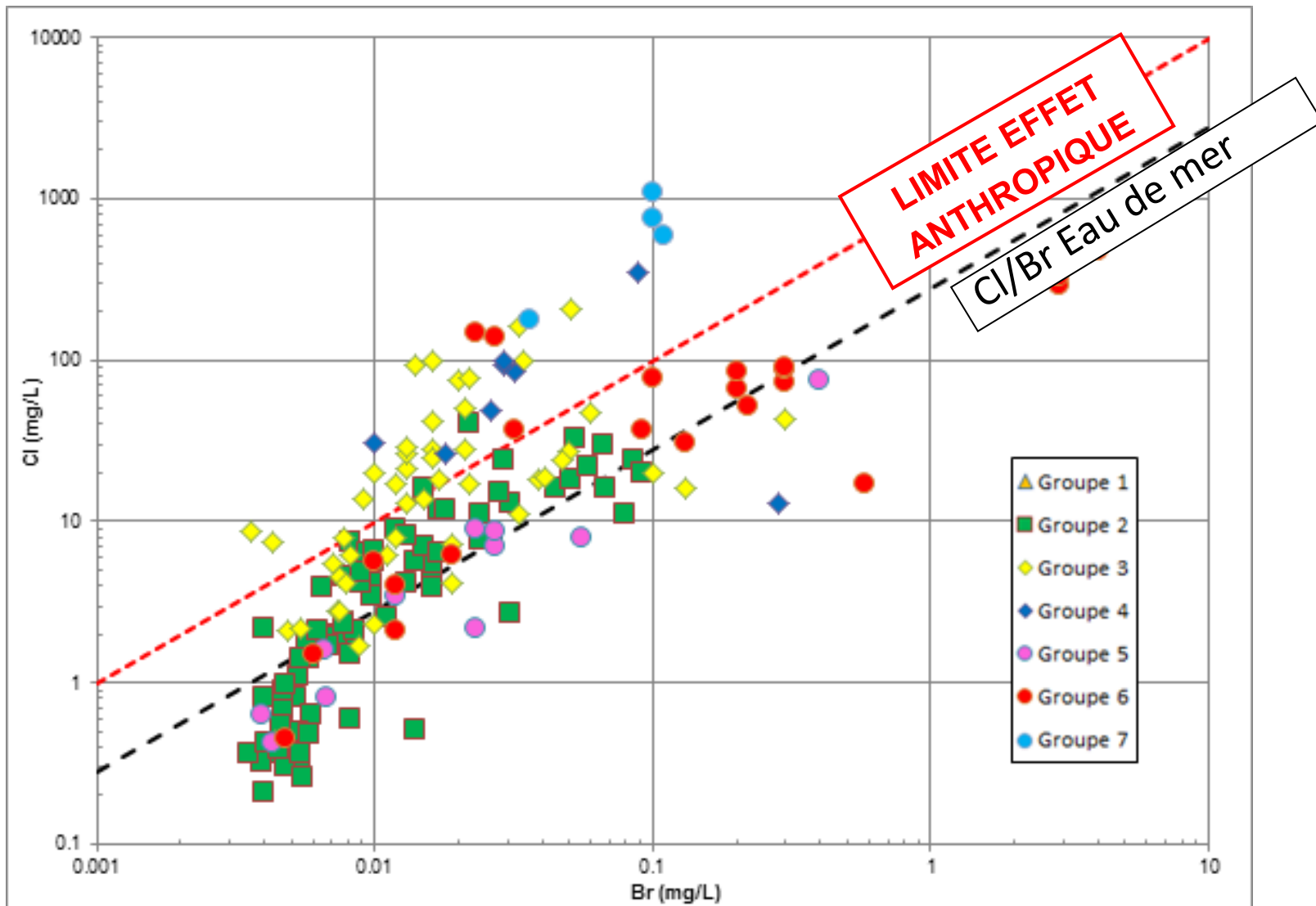
Pôle eaux évoluées vieilles

Pôle eaux Mélange Interméd.

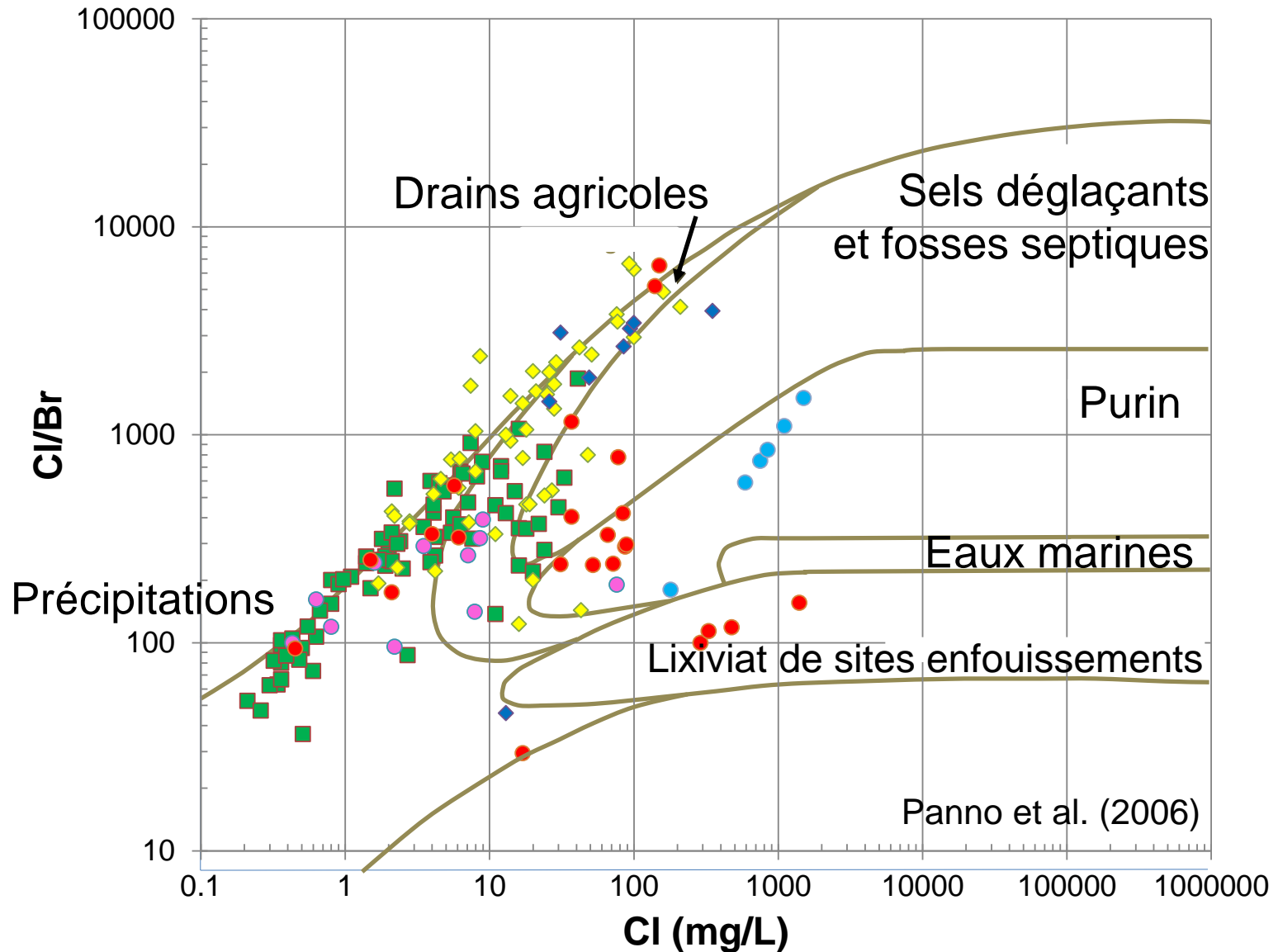
Excès de chlore: Na vs Cl



Excès de chlore: Cl vs Br

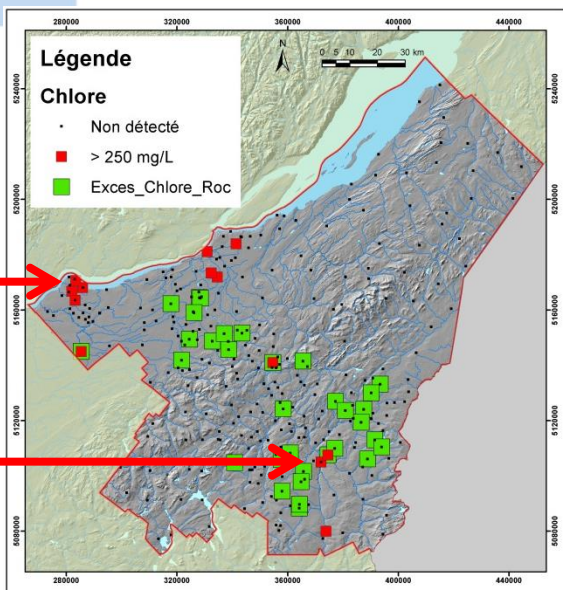


Excès de chlore: Cl/Br vs Cl



Dépassements critères esthétiques

Cl

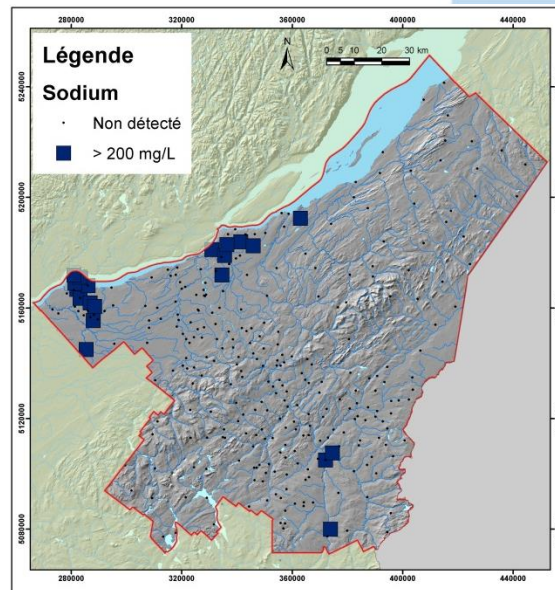


Mer de Champlain

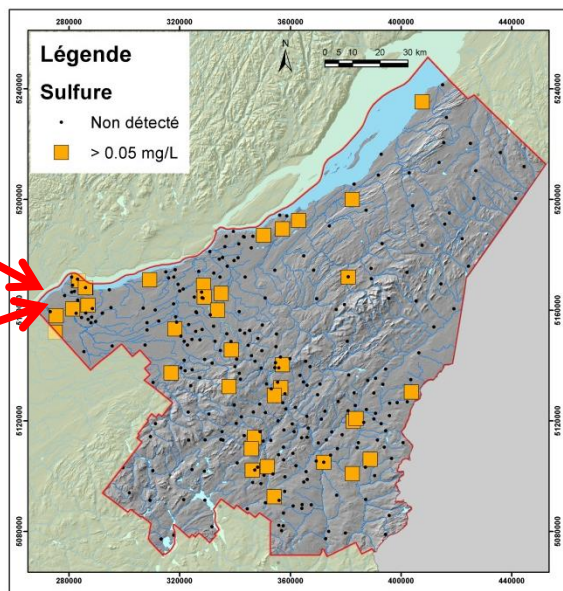
Sels déglaçants



Na



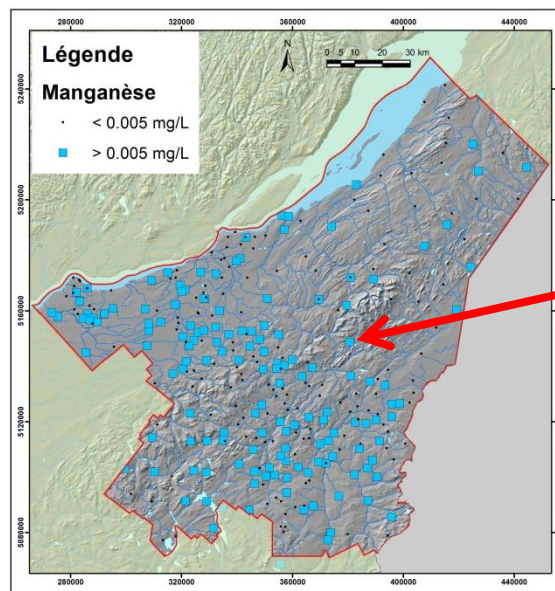
S



Oxydation pyrites

Agricole

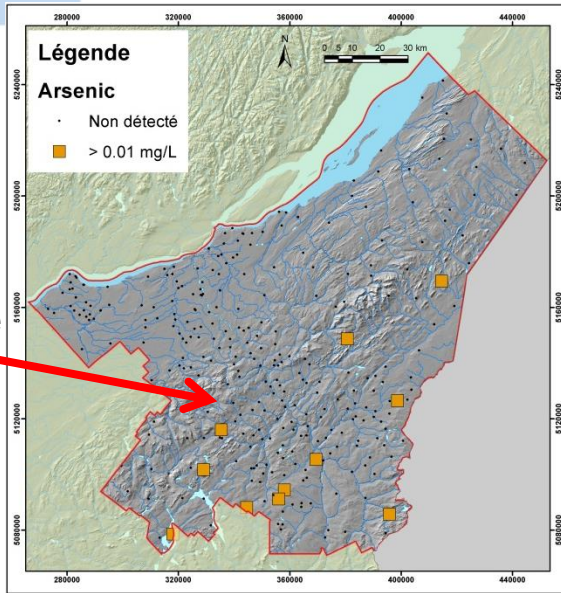
Mn



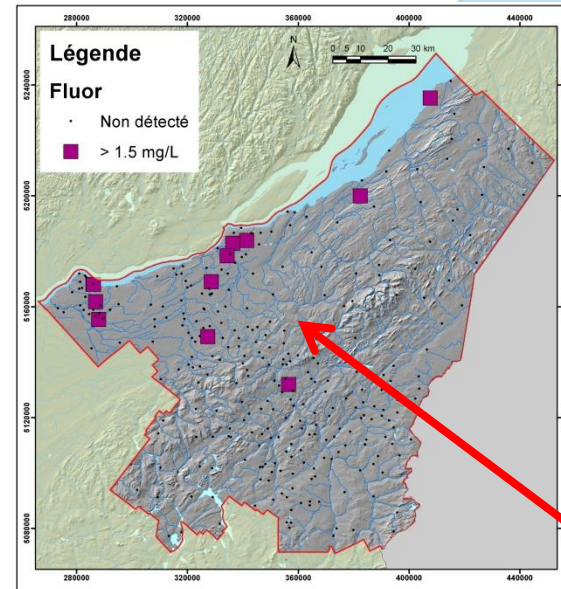
Roche sédimentaire

Dépassements critères santé

As



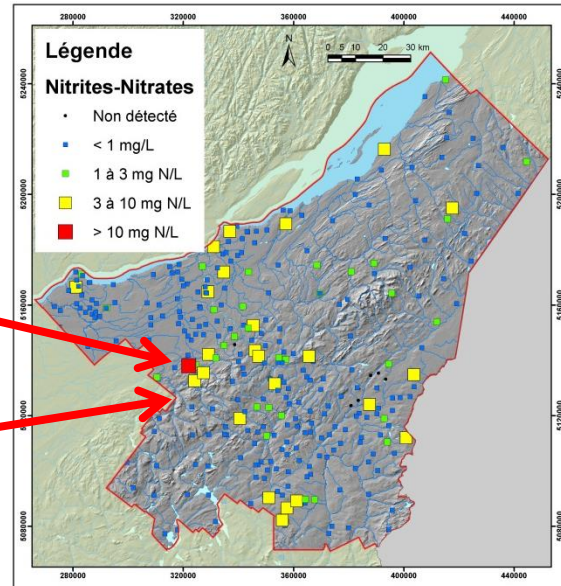
Roche
sédimentaire



F

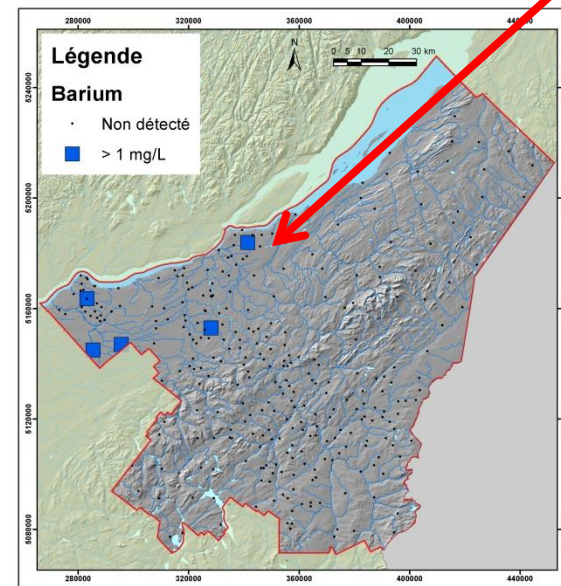
Mer de
Champlain

NO₂
NO₃



Agricole

Fosses
septiques



Ba

Conclusion

1. À faire sur la géochimie dans le PACES CA:
 - **Intégrer les données des rapports municipaux** aux données sur la qualité de l'eau souterraine;
 - Identifier les sources des **excès de chlore** en recoupant les données des contextes: utilisation du sol, présence d'activités anthropiques, etc.
2. La **géochimie** constitue un **outil** essentiel pour comprendre les systèmes hydrogéologiques régionaux. Les projets **PACES** ont permis de **raffiner l'approche d'analyse** et d'interprétation des données géochimiques sur l'eau souterraine.



Fin

Questions?

INRS

Université d'avant-garde



SE =

$$\frac{1}{n_2 - p_2 - q_2}$$

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{\text{charbonus}}{dt} \times 100$$

200 pb/207 pm

Weight fraction (%)

kDa

115
66
45
31
21.5
14.5
6.5

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

$u(0)$

$u(0)$

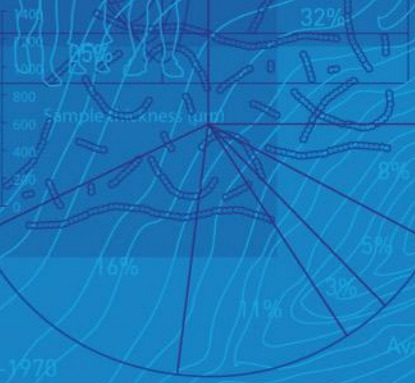
$u(0)$

100 as

100 is

$[Cd] = [Cd^{2+}] = 10 \text{ nmol/l}$

incorporation. L'espace occupe a.
logique des mutations sociales, économique
de la société québécoise. L'espace s'inscrit
l'action publique et des rapports sociaux.
à comprendre



1981-1990

1961-1978

1946-1960

Avant