

# Transfert des REE du **Manteau** au **Bouleau**



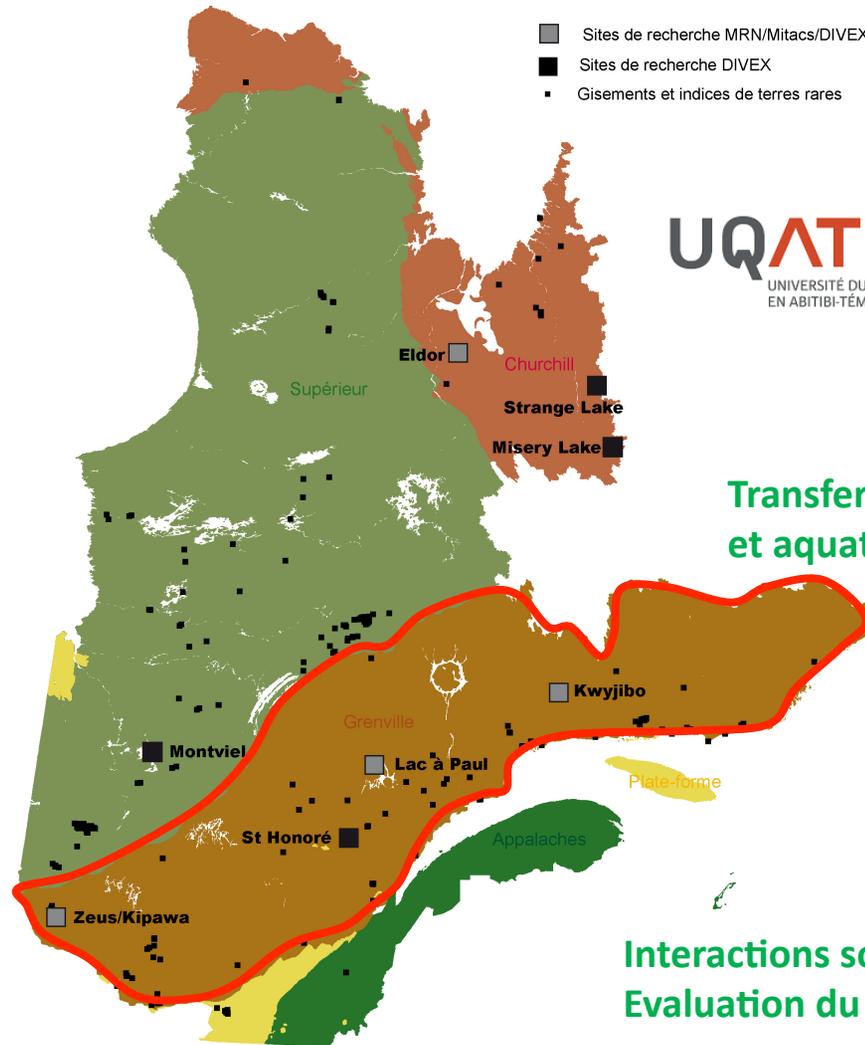
## Collaborations avec le Canada



Les anomalies en REE comme traceurs de l'évolution de la croute continentale



Processus magmatiques de fractionnement



Transfert vers le biota terrestre et aquatique



Interactions sols-plantes-microbes  
Evaluation du risque environnemental





# RESSOURCES 21

## Ressources métalliques stratégiques du 21<sup>ème</sup> Siècle

ressources21.univ-lorraine.fr

Strategic metal resources for the 21<sup>st</sup> century



LABEX 2011-2019

Funding: **9 millions Euros**, Consolidated costs: € 36.7 millions Euros

140 researchers, 70 technicians/ engineers, 60 post-doc, PhD, Masters





# Le cycle de vie des éléments stratégiques



Maintain sustainability

Where are the ressources  
for the future?

Understanding  
concentration processes



How ?

Minimize energy  
and mass  
movements

Improving clean  
extraction



Preserve the  
environment

Evaluate the  
environmental  
impact

Remediate  
contaminated soils



# Le cycle de vie des éléments stratégiques

Geology, field works  
In situ approaches in  
Mineralogy  
Geochemistry including  
isotopes  
• 3D modeling, transfers



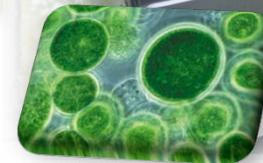
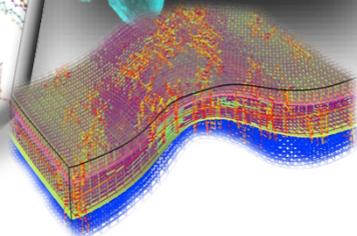
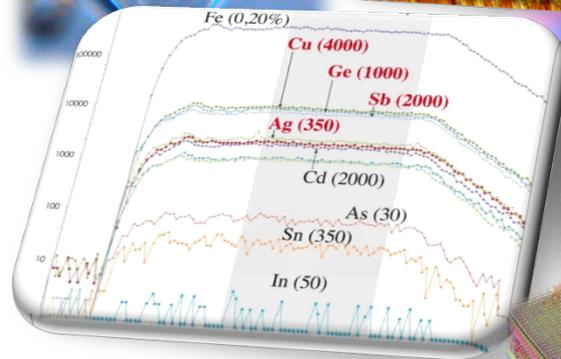
Une approche pluridisciplinaire  
Projet fédérant à l'échelle d'une  
communauté en Géosciences



Ore processing,  
Flotation  
Hydrometallurgy  
Phytomining  
Agromining



oil sciences  
Botany  
Biology, ecotoxicology  
Aquatic chemistry  
Thermodynamic modeling and  
experiments including  
biosphere (mesocosms)





# Stratégie de Recherche

**2012-2013**

Appel d'offre ouverts (international: post-doc, chair)

**=> trop de dispersion thématique**

**2014-2019**

**Recherche de synergie et de projet pluridisciplinaire**

**1- Ni, Co, Mn, Sc, Cr**

**program 2014-2016**

**800 k€ sur 3 ans**

**2- REE (Nb-Ta, U-Th)**

**program 2015-2018**

**800 k€ sur 4 ans**

**Other elements : Ge-Ga-In, Nb-Ta-Sn-W studied through PhD theses**

# Les anomalies en REE comme traceurs de l'évolution de la croûte continentale



Exemple de la province Protérozoïque de Grenville, Québec

François TURLIN, Doctorant  
2015-2018



Anne-Sylvie André-Mayer - UL - Métallogéniste  
Olivier Vanderhaeghe - Toulouse - Geodynamicien  
Felix Gervais - Poly Montreal - Géodynamicien  
Abdelali Moukhsil - MERN - "Grenvillien"  
Fabien Solgadi - MERN - "Grenvillien"



# Le point de départ...l'anomalie en Nb-Ta-REE de Crevier, Grenville



Master Groulier, 2013

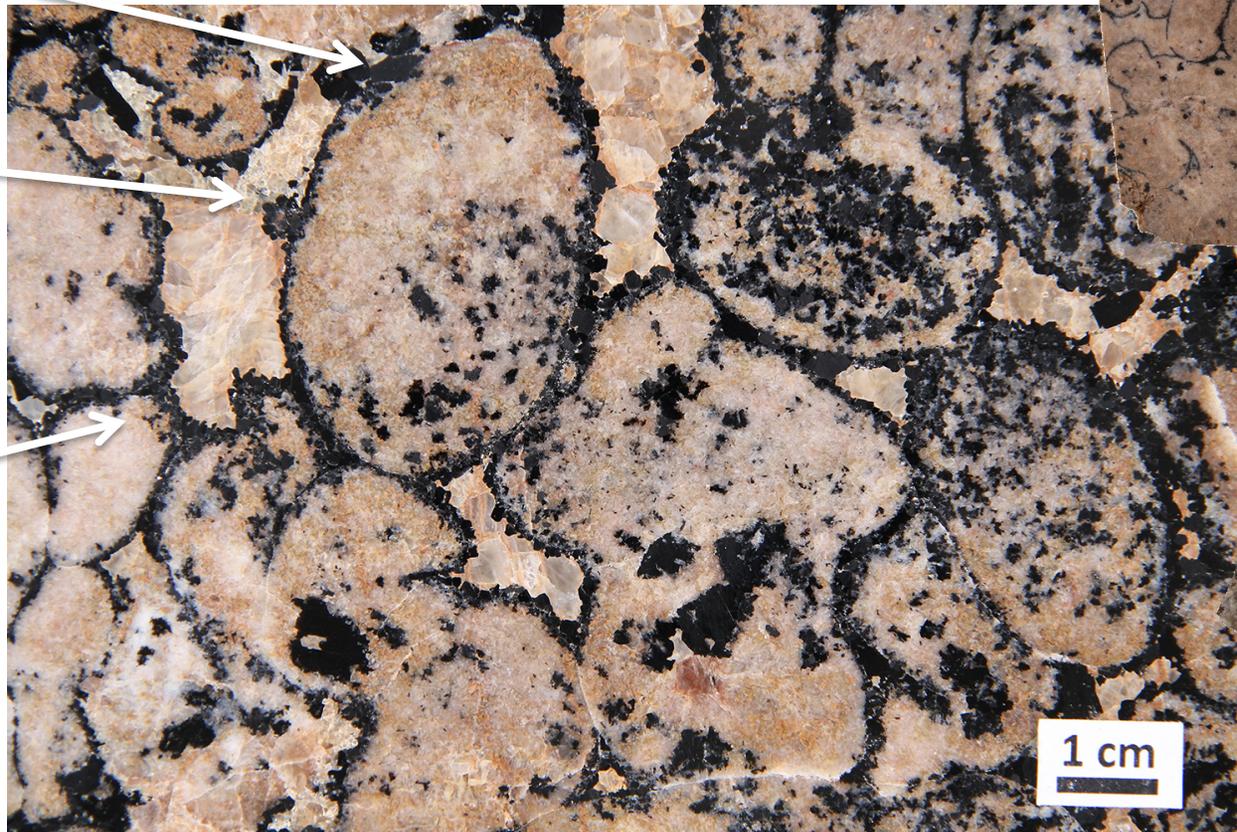
Coll. MDN, MRN Québec

Québec Mines 2013

Phlogopite

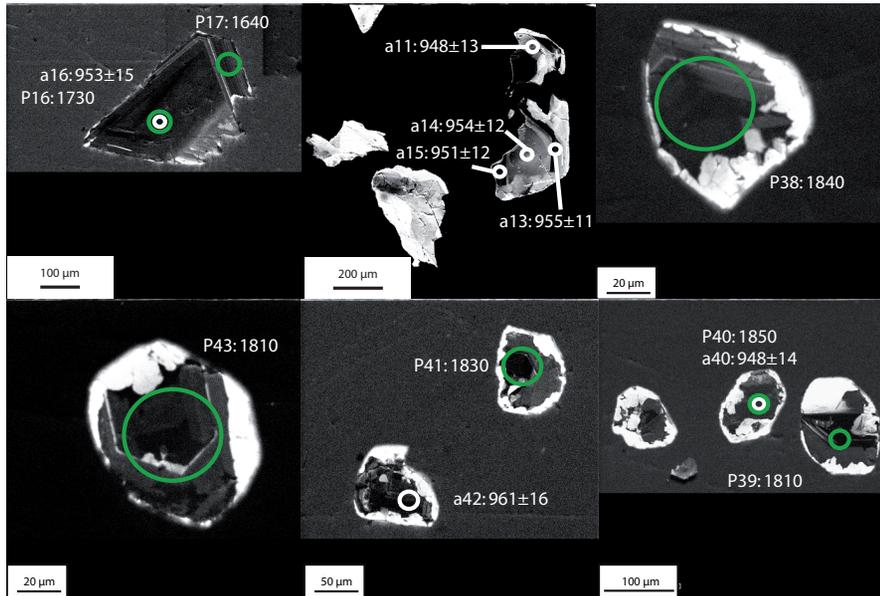
Calcite

SN



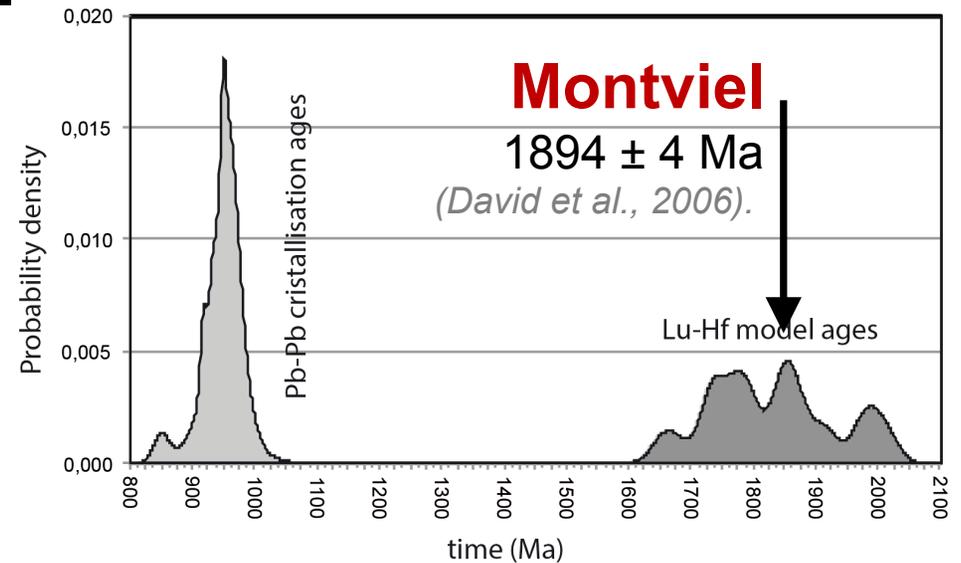
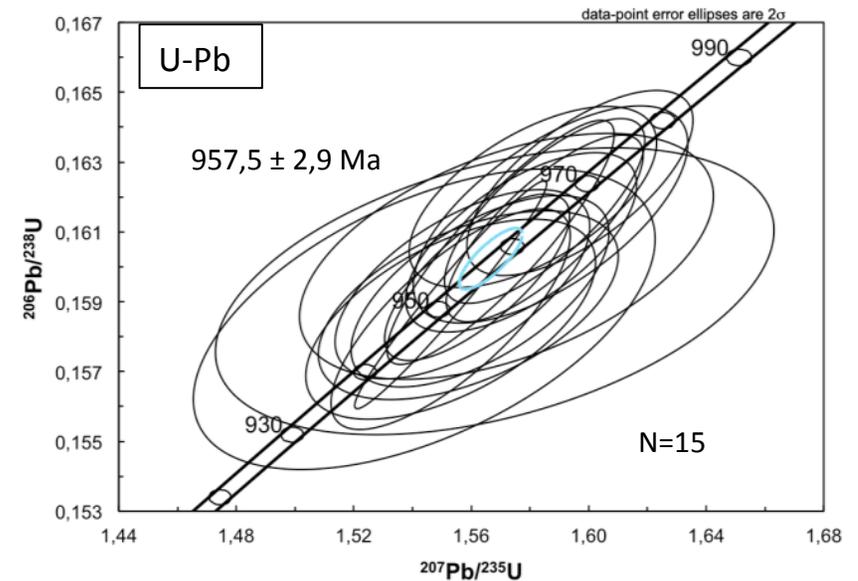
⇒ Immiscibilité entre les deux lignées magmatiques:  
1. Carbonatée enrichie en REE et 2. Silicatée riche en Nb-Ta

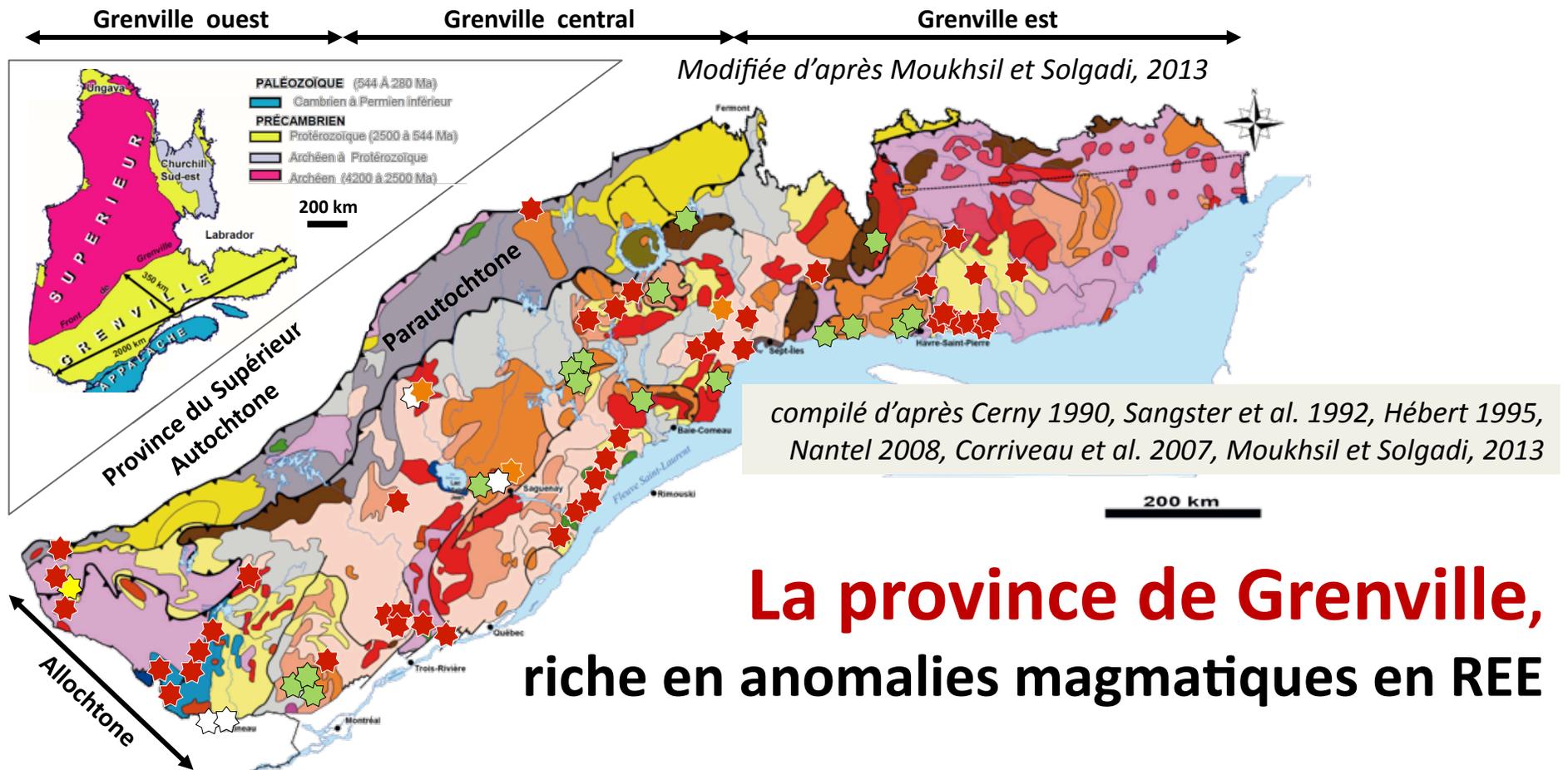
# Le point de départ...l'anomalie en Nb-Ta-REE de Crevier, Grenville



**U-Pb:  $957,5 \pm 2,9$  Ma**  
Late to post-grenvillien

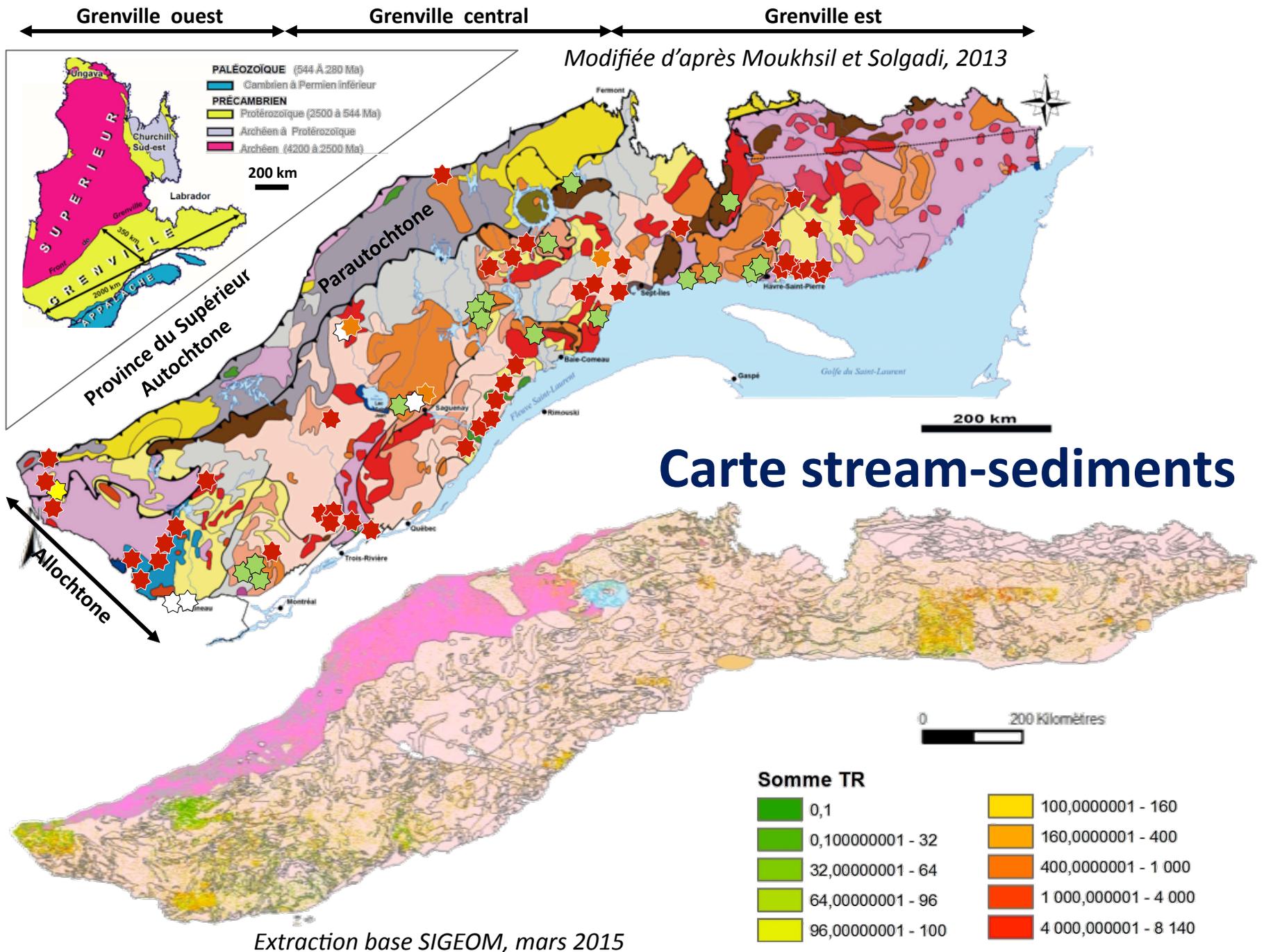
**Lu-Hf : 2.02-1.65 Ga**  
Pré-Labradorien

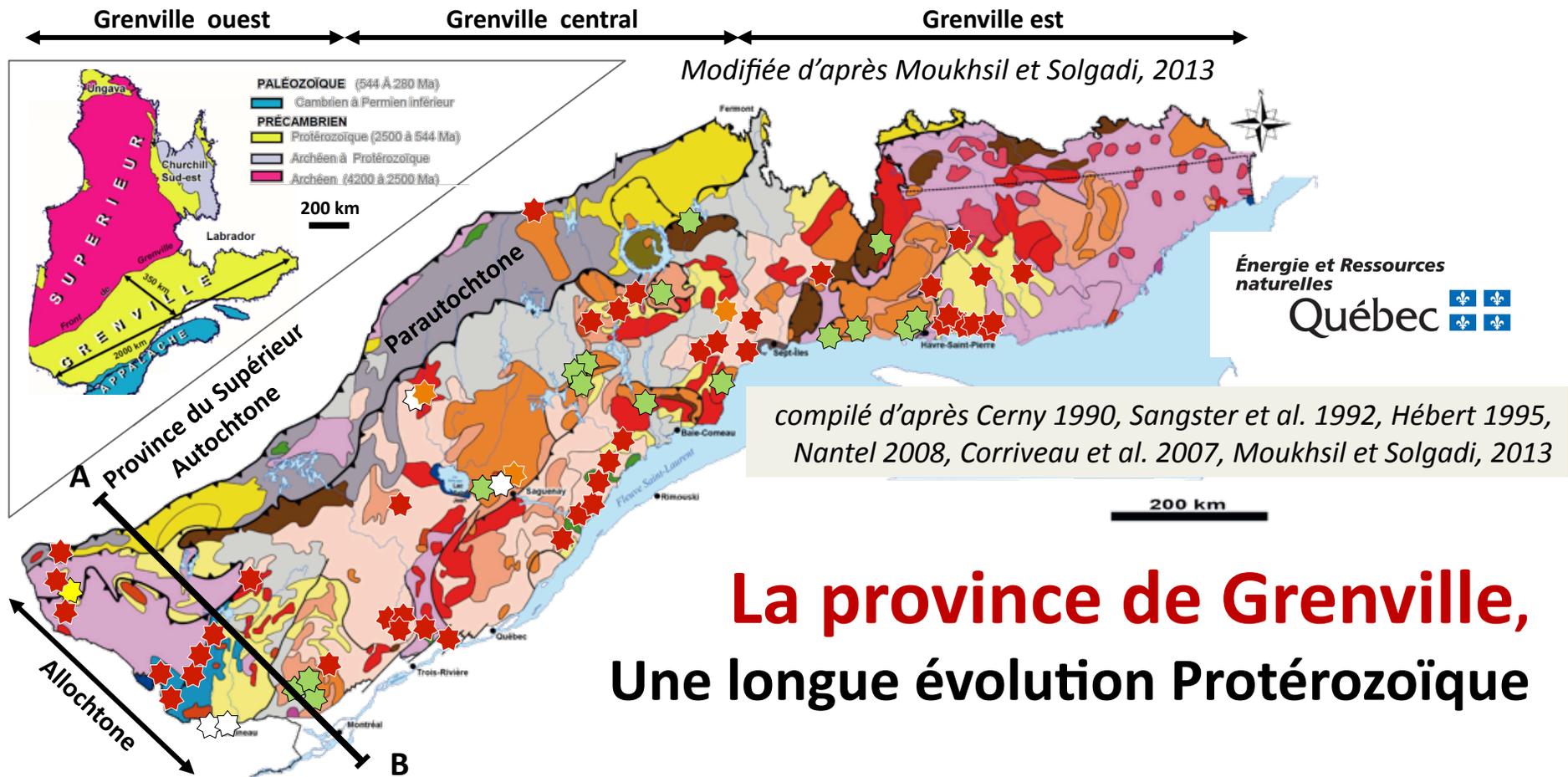




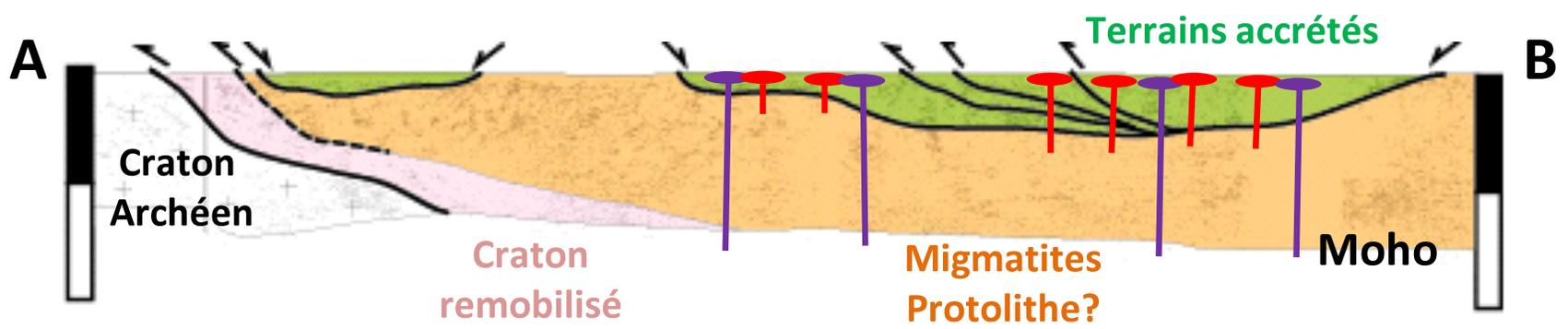
## La province de Grenville, riche en anomalies magmatiques en REE

- ☆ Les carbonatites : Niobec et Crevier (Bergeron 1980, Groulier 2013),
- ★ Les roches hyperalcalines : Kipawa (Currie and van Breemen 1996, van Breemen and Currie 2004, Mariano and Mariano 2012)
- ★ Les syénites alcalines : Niobec et Crevier (Bergeron 1980, Groulier 2013) et région de la Tuque,
- ★ Les pegmatites peralumineuses, tardi-orogénique (Lentz 1996, Cerny 1990),
- ★ Les gisements phosphates - oxydes de fer (Dymek and Owens 2001) : Kwyjibo





# La province de Grenville, Une longue évolution Protérozoïque





# Les anomalies en REE comme traceurs de l'évolution de la croûte continentale



- (1) Quand et comment les REE sont extraits de leur réservoir mantellique ?
- (2) Comment ces REE se sont-ils concentrés dans la croûte continentale ?
- (3) En quoi ces anomalies en REE renseignent sur l'évolution géodynamique du Grenville

## Grenville

Kipawa, Crevier, Kwyjibo, Pegmatites Côte Nord

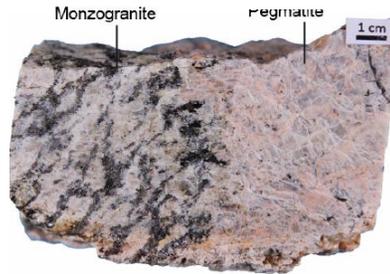
## Supérieur

Montviel

# Exemple des pegmatites de la Cote Nord



13-TC-5072



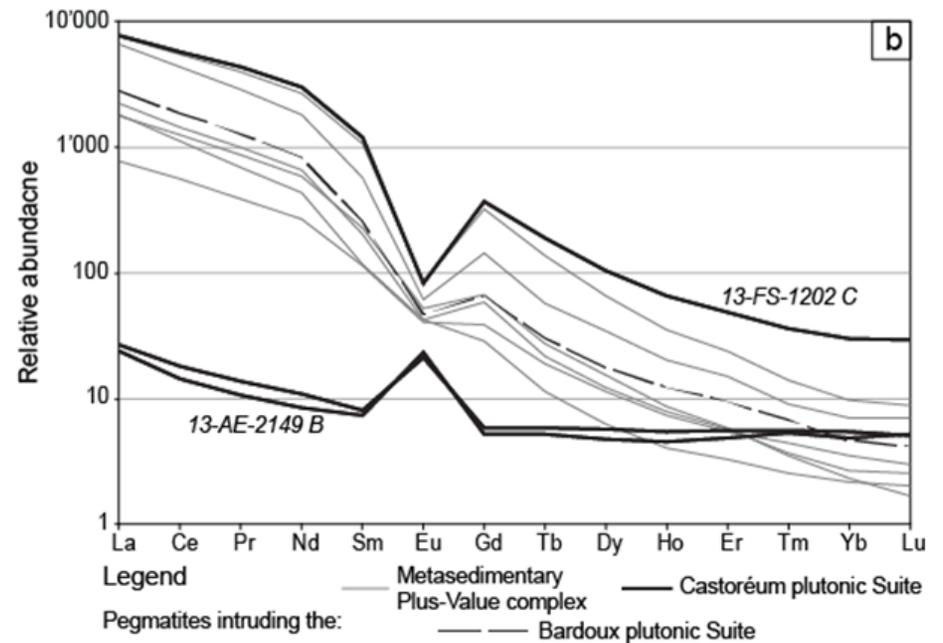
13-AM-13-A1



13-FS-1202



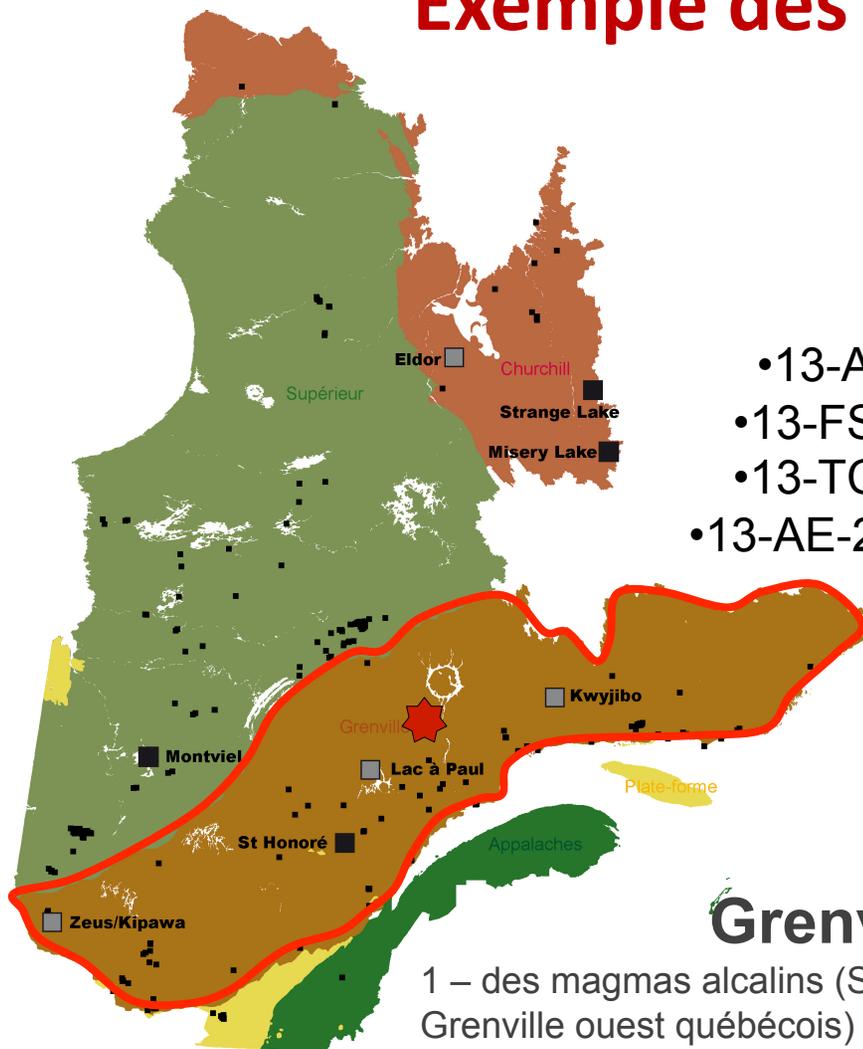
13-AE-2149



# Exemple des pegmatites de la Cote Nord

## GEOCHRONOLOGIE U-Pb (zircon)

- 13-AM-13-A1 : âge concordant à  $1004,2 \pm 2,1$  Ma
- 13-FS-1202-C1 : âge concordant à  $1004,2 \pm 2,3$  Ma
- 13-TC-5072-B1 : âge concordant à  $1001,9 \pm 3,9$  Ma
- 13-AE-2149-B1 : intercepte supérieur à  $1006,1 \pm 8,7$  Ma



### Grenville tardif (1018 - 980 Ma)

- 1 – des magmas alcalins (Suite alcaline de Lesueur  $1000 \pm 6$  Ma, Nantel 2008, dans le Grenville ouest québécois)
- 2 - des granites et quelques mangérites
- 2 – des syénites (syénite de Vénus de Milot,  $988 \pm 2$  Ma, Hébert 2009, Grenville central)
- 4 – Des anorthosite et troctolite (1002 Ma, Moukhsil et al., 2009, Grenville central)
- 5 – des dykes de Lamprophyre (1000 Ma, Grenville central, Dans Massif anorthositique alcalin de Labrieville, Owen et 1994, Owens et Tomascak 2001, Owens et Dymek 2001)

# Exemple des pegmatites de la Cote Nord

## Lu-Hf (Zircon)

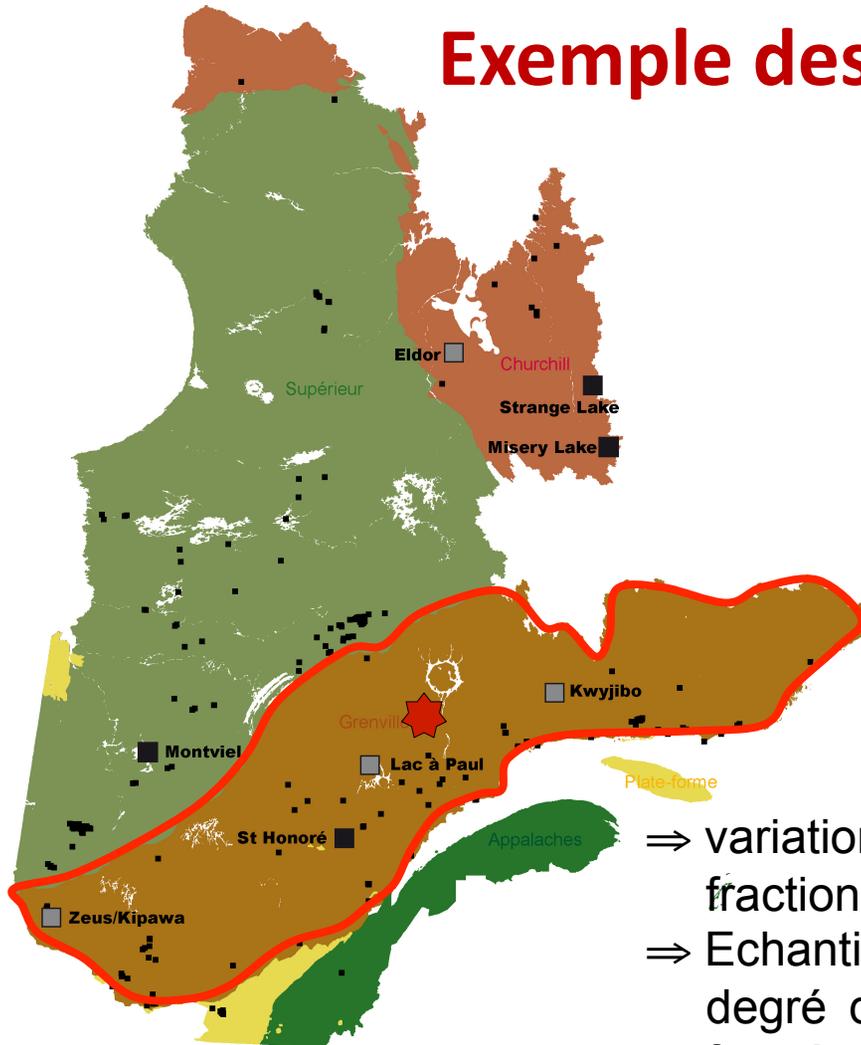
$\epsilon_{\text{Hf}}$  variables -12 à +1

**1. Fusion de différentes sources**  
(gneiss/granites Paléoprotérozoïque avec des âges modèle Hf TDM compris entre 2,22 et 1,7 Ga).

**2. Source identique** (par exemple un gneiss à 2,2 Ga) :

- ⇒ variations en  $\epsilon_{\text{Hf}}$  = différents degrés de cristallisation fractionnée liée à une fusion partielle incomplète
- ⇒ Echantillon au plus haut  $\epsilon_{\text{Hf}}$  est formé par le plus petit degré de fusion partielle, et que le plus petit  $\epsilon_{\text{Hf}}$  est formé par le plus haut degré de fusion partielle

**3. Mélange entre une source crustale à 2,2 Ga et une source juvénile mafique.**



# Transfert des REE du **Manteau** au **Bouleau**



## Collaborations REEs avec le Canada



Énergie et Ressources  
naturelles

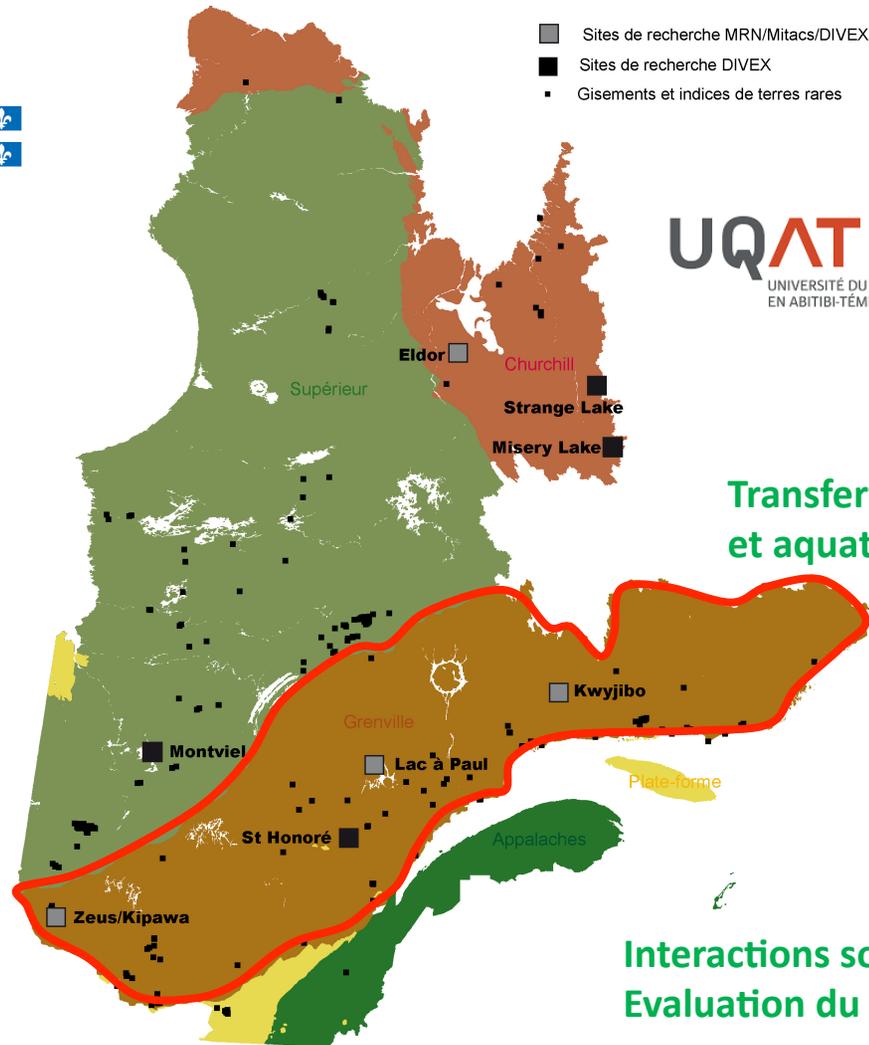
Québec



Les anomalies en REE comme  
traceurs de l'évolution de la  
croûte continentale



Processus magmatiques de  
fractionnement



- Sites de recherche MRN/Mitacs/DIVEX
- Sites de recherche DIVEX
- Gisements et indices de terres rares

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec



Transfert vers le biota terrestre  
et aquatique



Interactions sols-plantes-microbes  
Évaluation du risque environnemental