

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



Collaborations avec le Canada

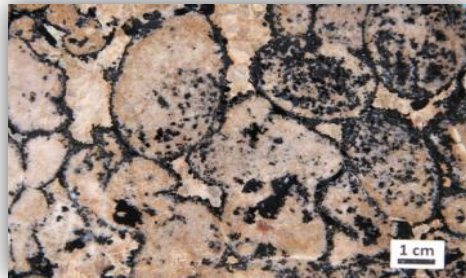


Énergie et Ressources
naturelles

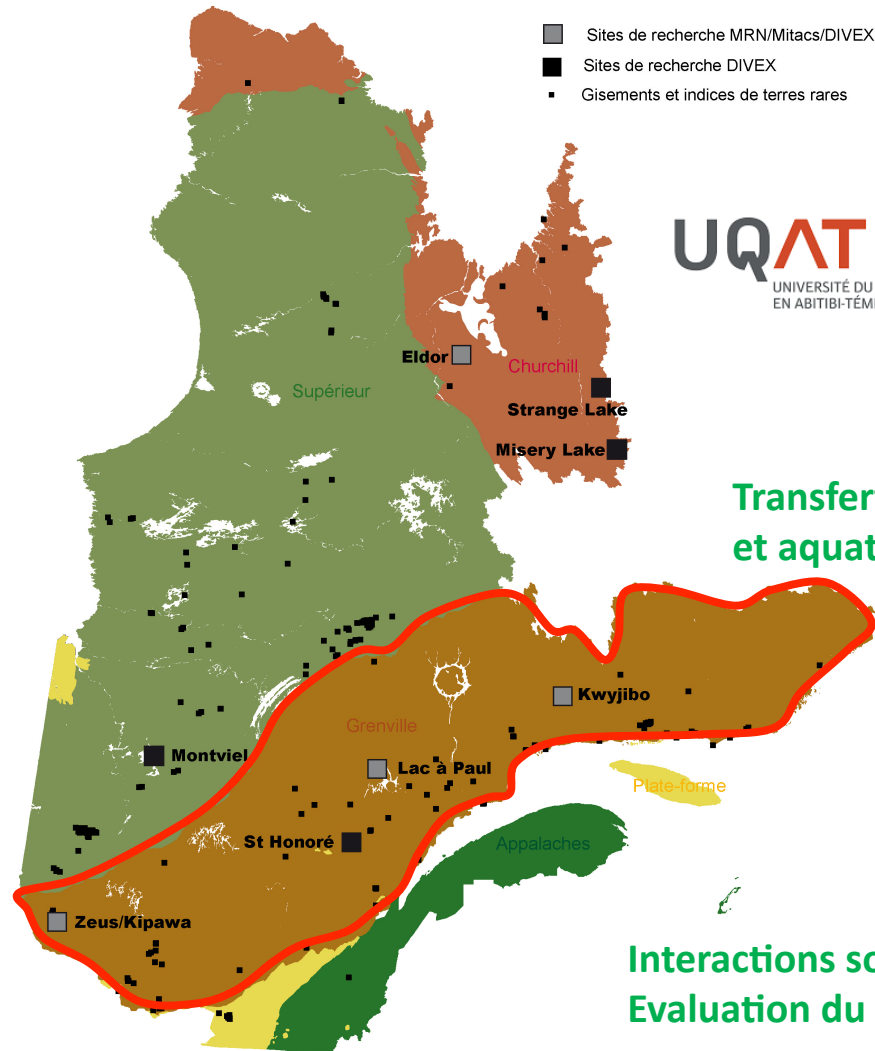
Québec



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



RESSOURCES 21

Ressources métalliques stratégiques du 21^{ème} Siècle

ressources21.univ-lorraine.fr

Strategic metal resources for the 21st century

LABEX 2011-2019

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

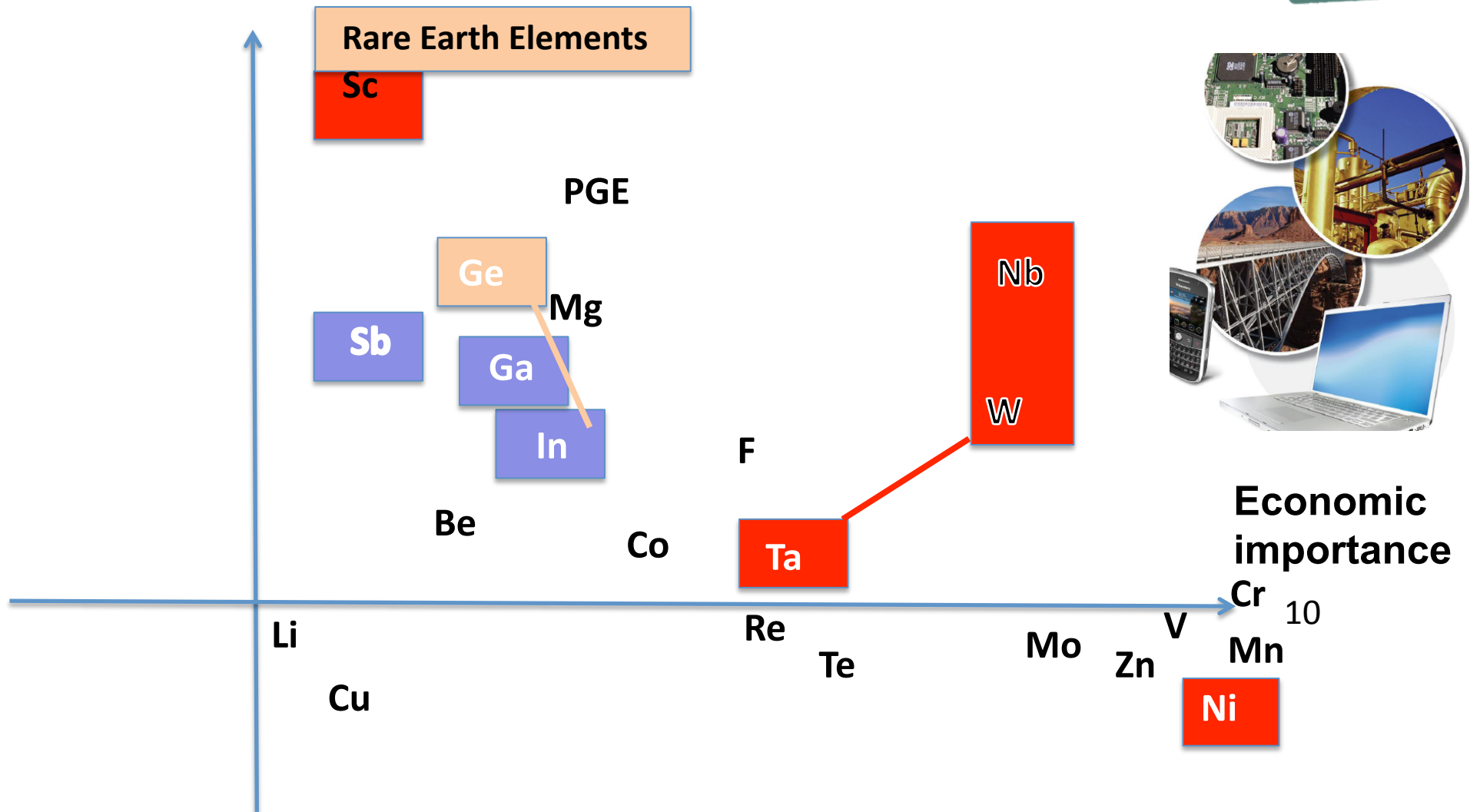
140 researchers, 70 technicians/ engineers, 60 post-doc, PhD, Masters



Les besoins "critiques" en métaux



Supply risk



Economic importance

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

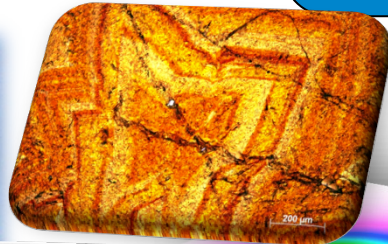
Evaluate the
environmental
impact

Remediate
contaminated soils



Le cycle de vie des éléments stratégiques

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

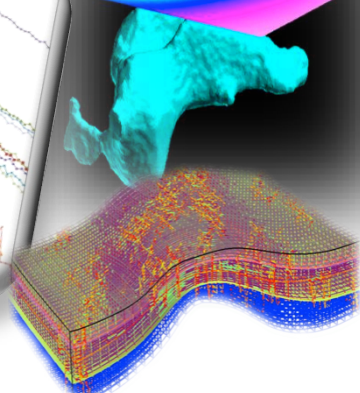
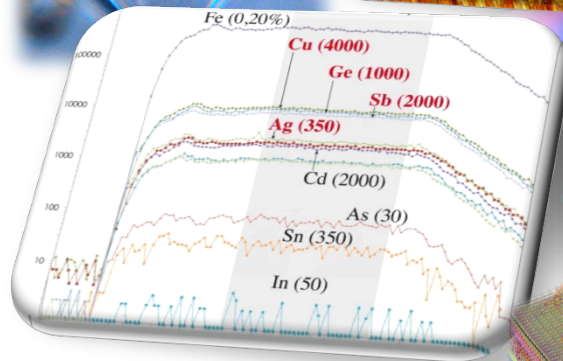


Une approche pluridisciplinaire
Projet fédérant à l'échelle d'une
communauté en Géosciences



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

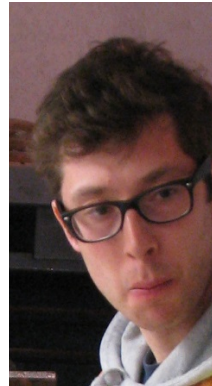
Other elements : Ge-Ga-In, Nb-Ta-Sn-W studied through PhD theses

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

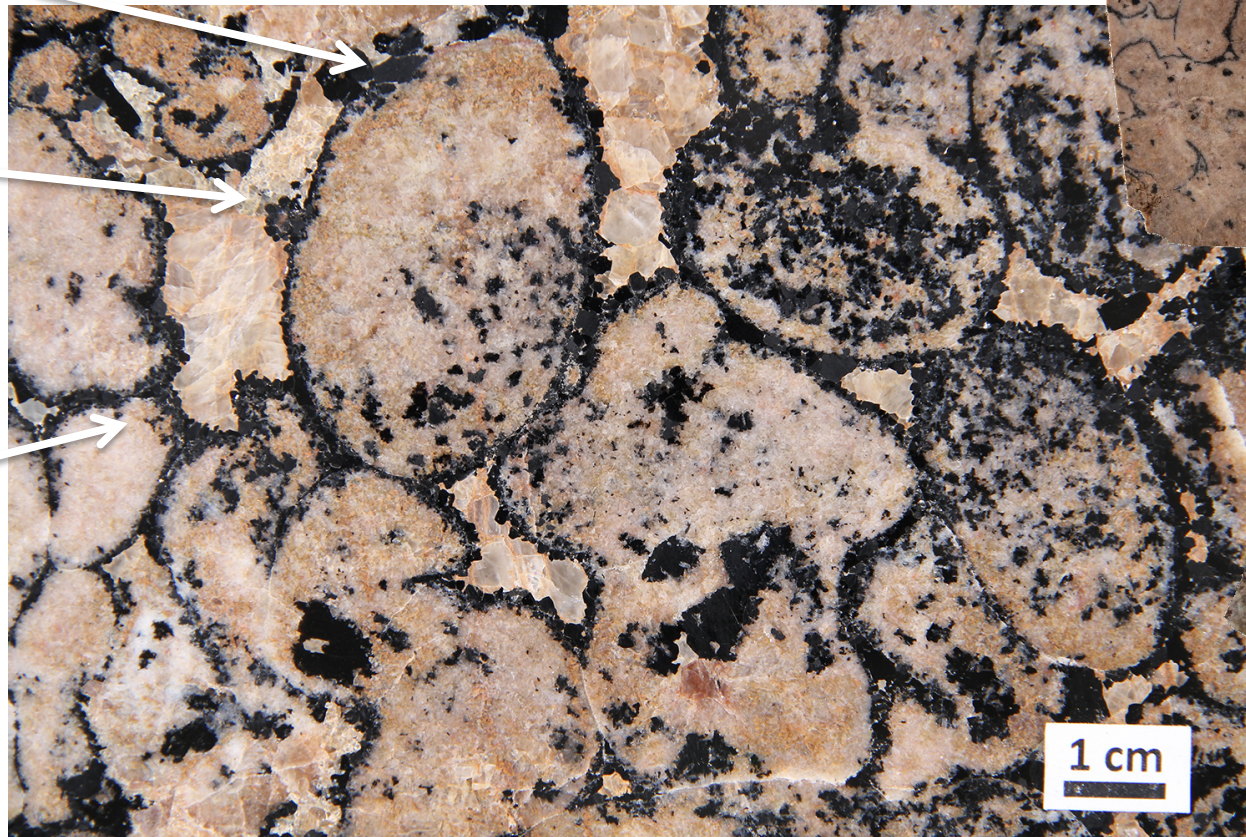
Coll. MDN, MRN Québec

Québec Mines 2013

Phlogopite

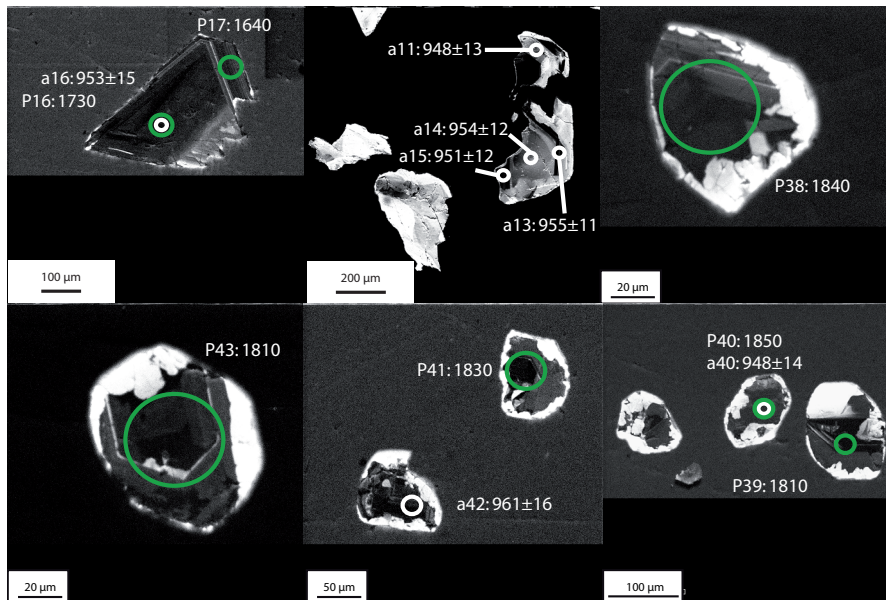
Calcite

SN



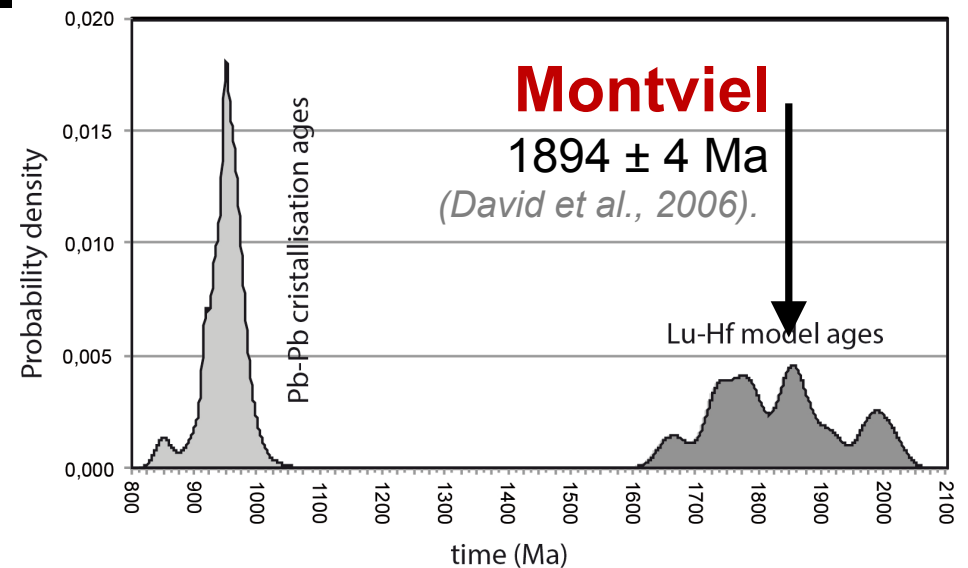
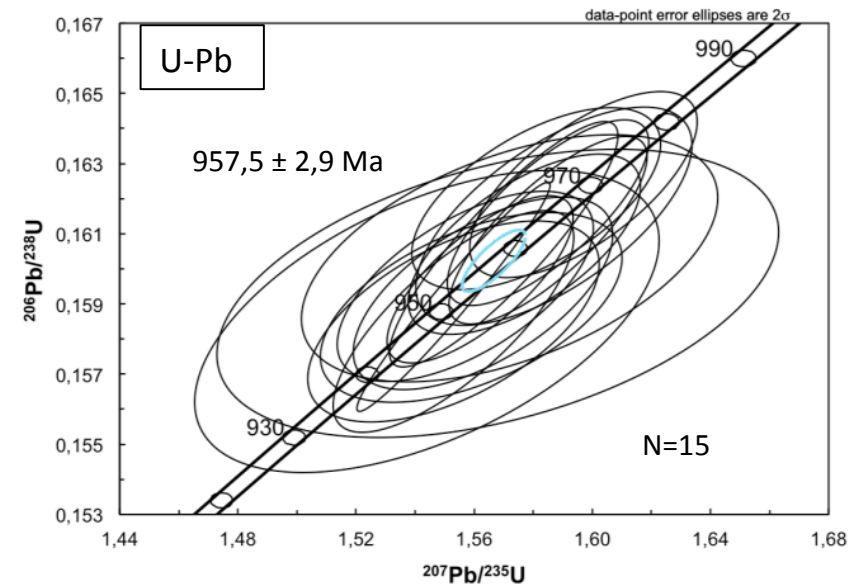
⇒ Immiscibilité entre les deux lignées magmatiques:
1. Carbonatée enrichie en REE et 2. Silicatée riche en Nb-Ta

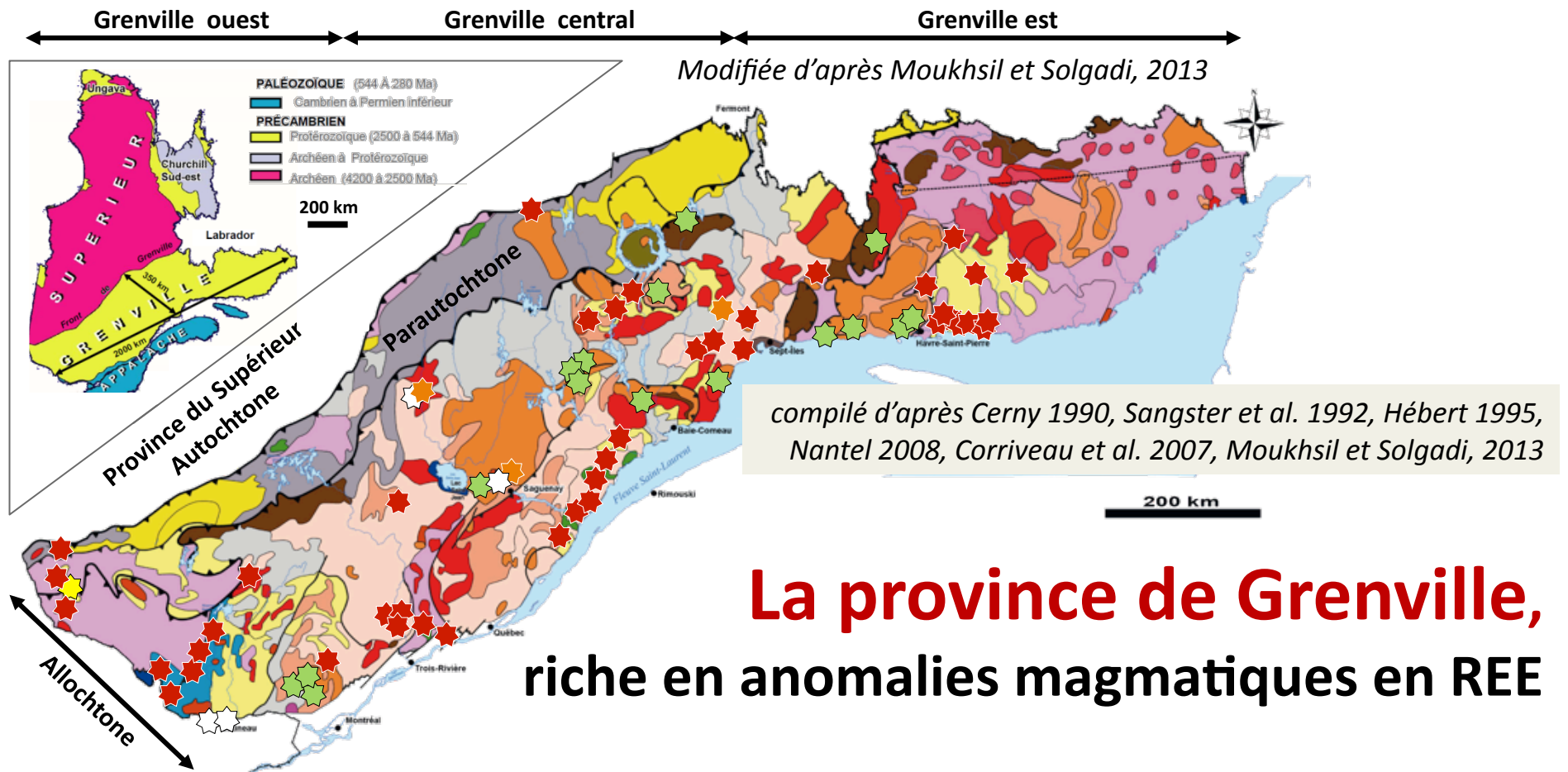
Le point de départ...l'anomalie en Nb-Ta-REE de Crevier, Grenville



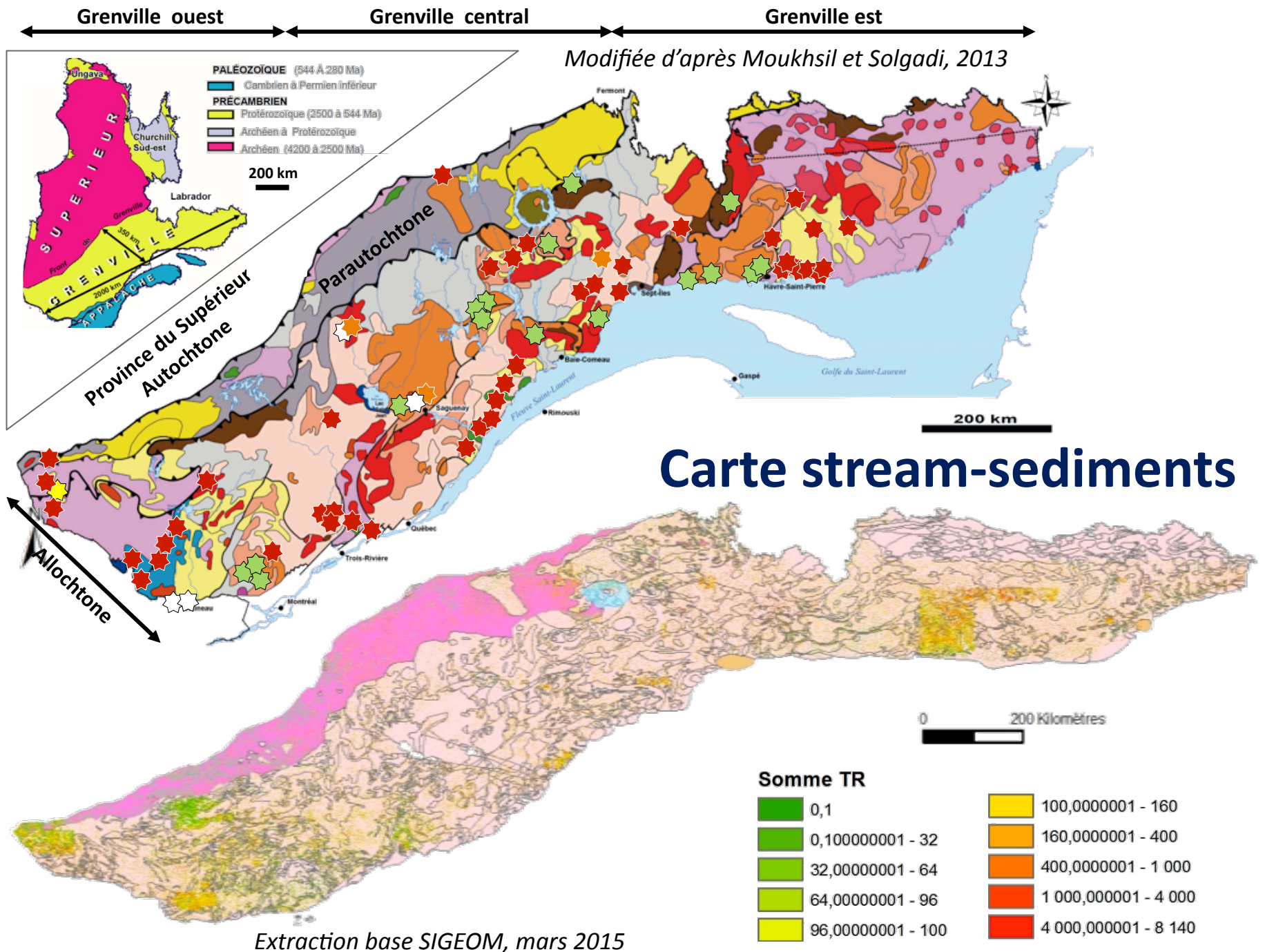
U-Pb: $957,5 \pm 2,9$ Ma
Late to post-grenvillien

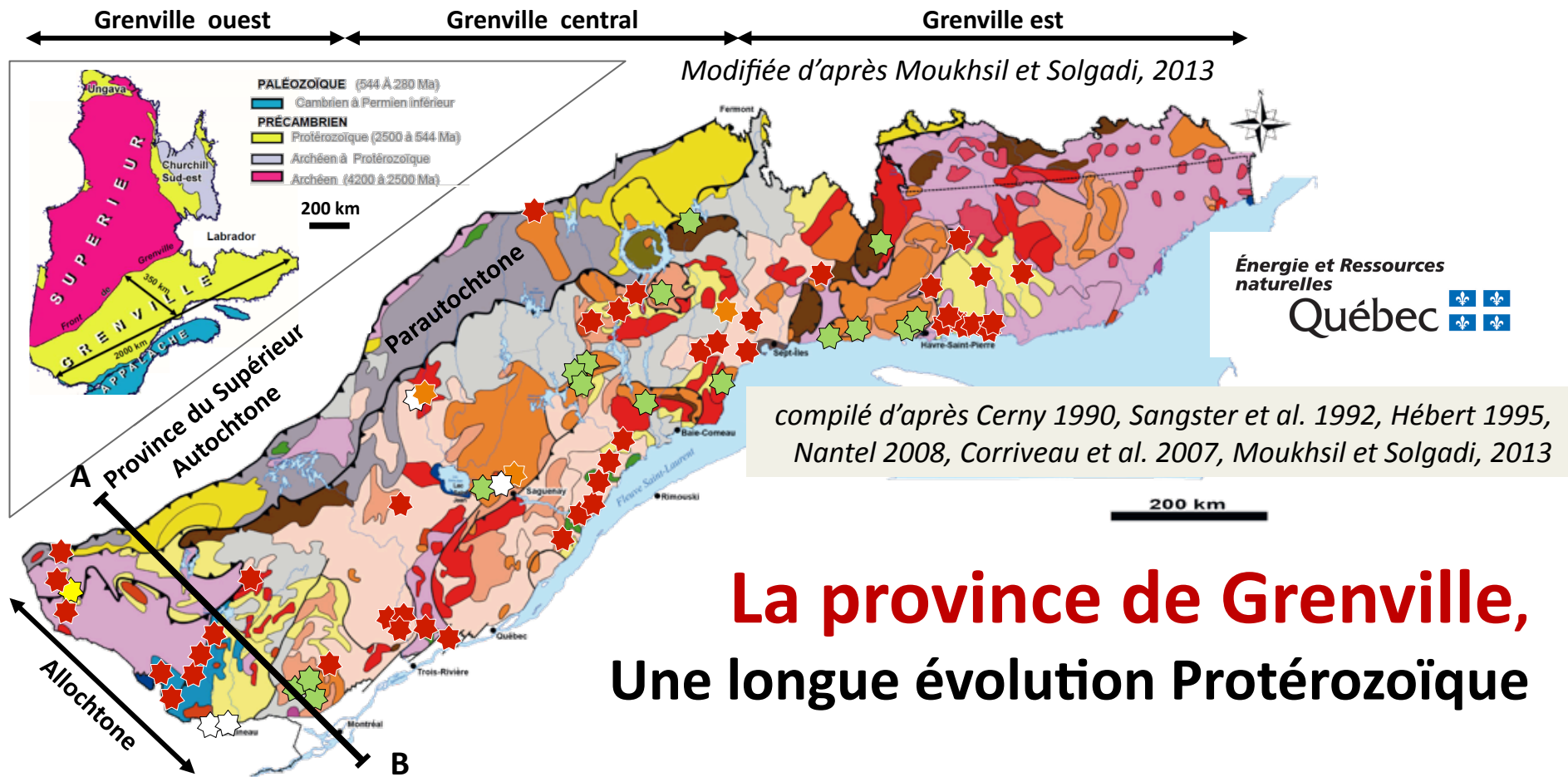
Lu-Hf : 2.02-1.65 Ga
Pré-Labradorien



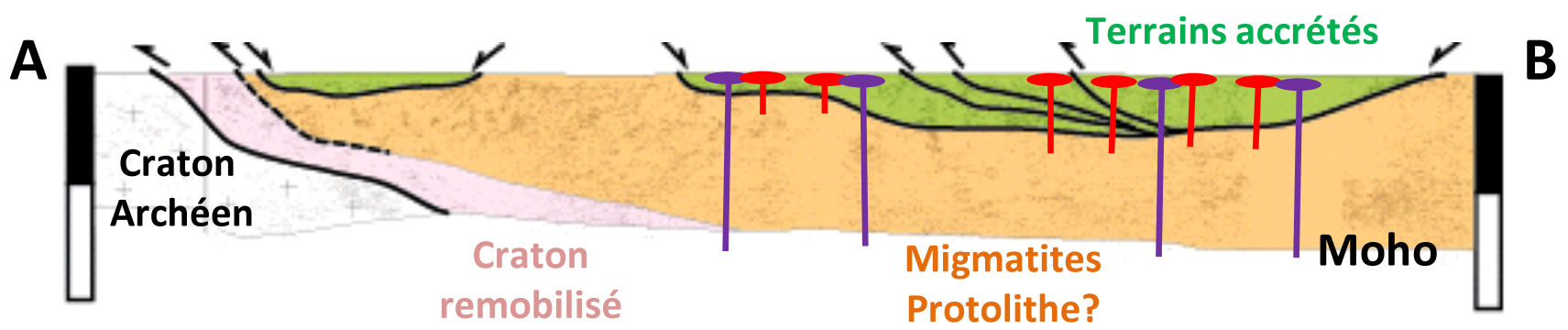


- ☆ Les carbonatites : Niobec et Crevier (Bergeron 1980, Groulier 2013),
- ★ Les roches hyperalcalines : Kipawa (Currie and van Breemen 1996, van Breemen and Currie 2004, Mariano and Mariano 2012)
- ★ Les syénites alcalines : Niobec et Crevier (Bergeron 1980, Groulier 2013) et région de la Tuque,
- ★ 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

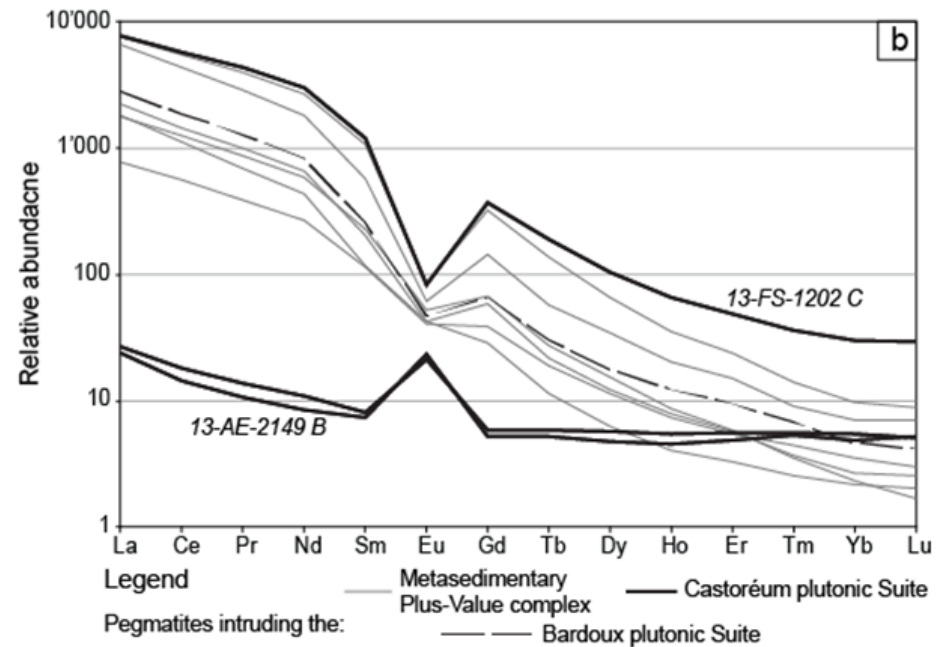
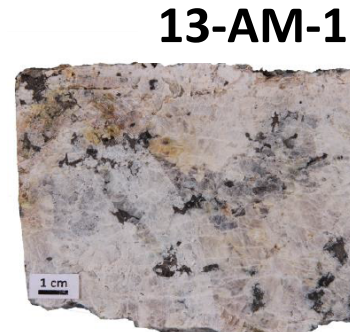
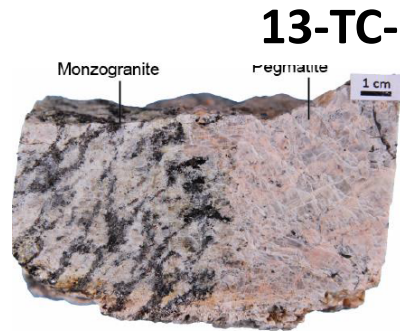
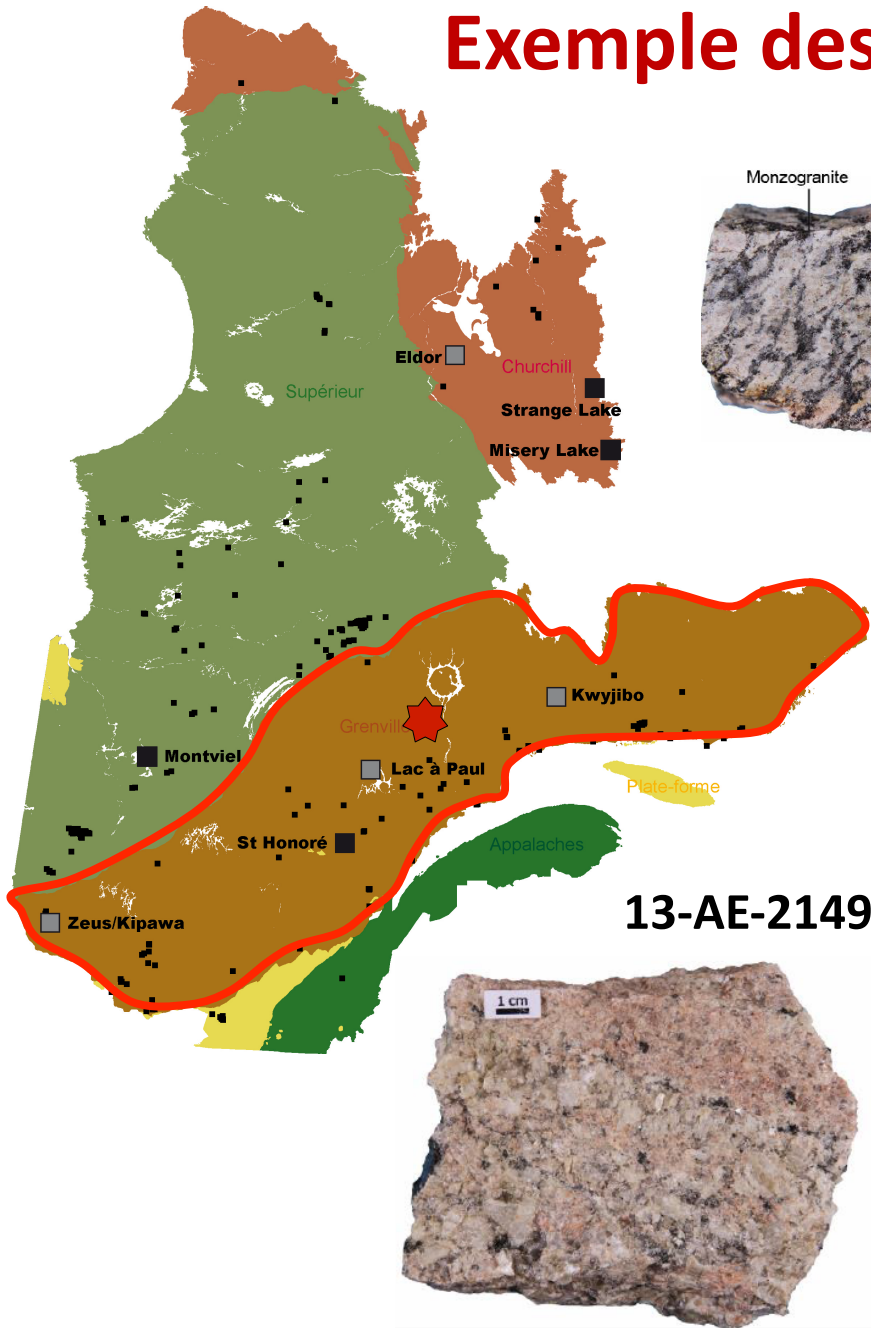
Grenville

Kipawa, Crevier, Kwyjibo, Pegmatites Côte Nord

Supérieur

Montviel

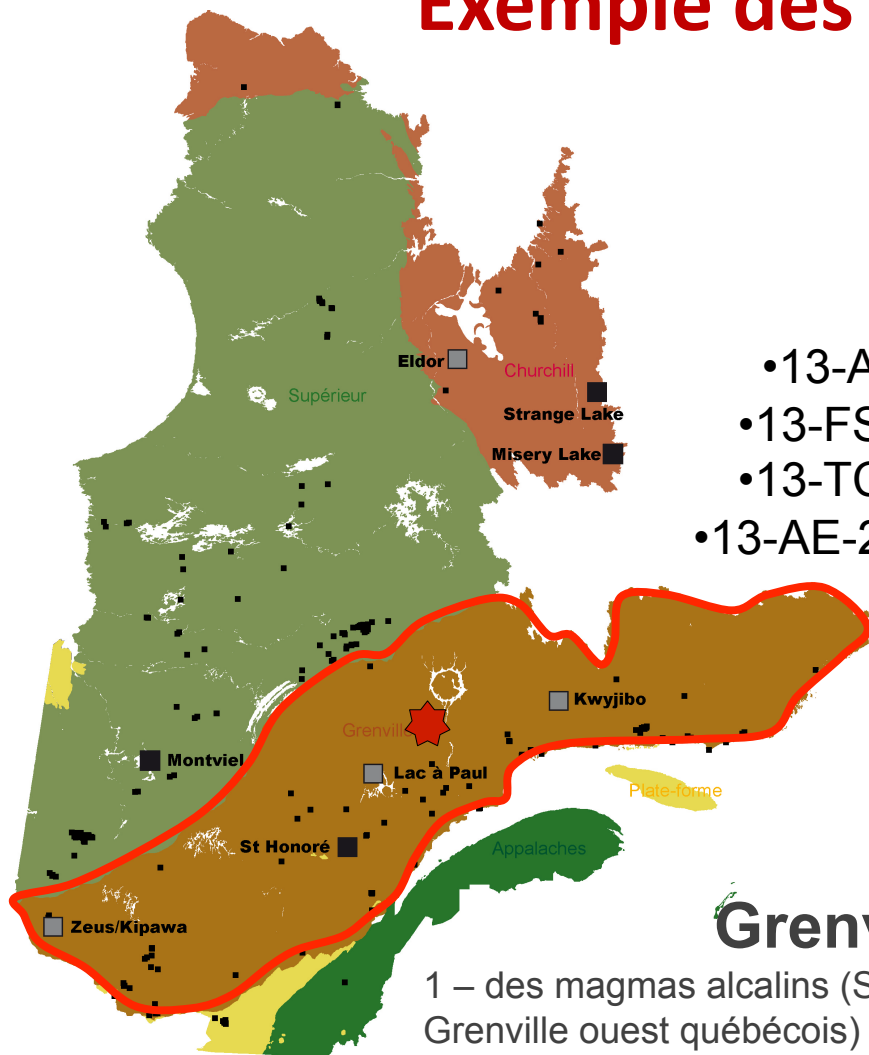
Exemple des pegmatites de la Cote Nord



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



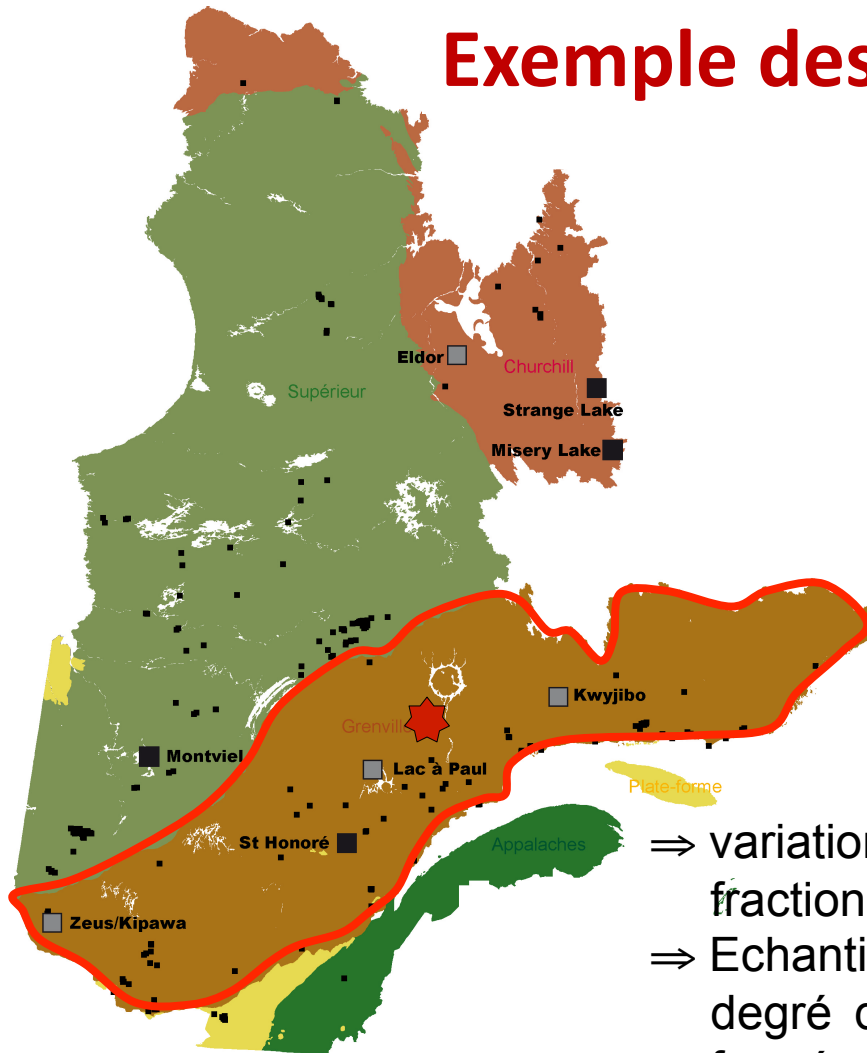
Grenville tardif (1018 - 980 Ma)

- 1 – des magmas alcalins (Suite alcaline de Lesueur 1000 ± 6 Ma, Nantel 2008, dans le Grenville ouest québécois)
- 2 - des granites et quelques mangérites
- 2 – des syénites (syénite de Vénus de Milot, 988 ± 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)

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

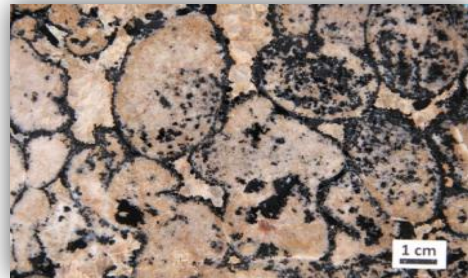


Énergie et Ressources
naturelles

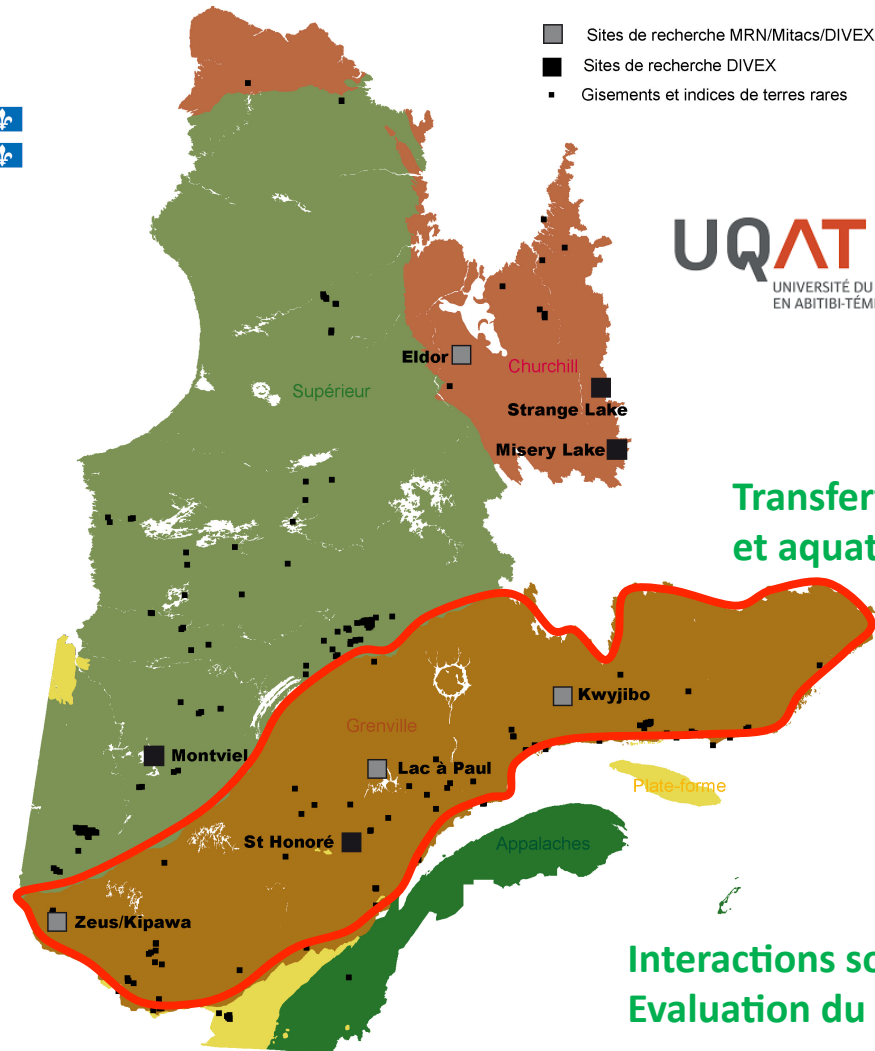
Québec



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



Processus magmatiques de
fractionnement



Transfert vers le biota terrestre
et aquatique



Interactions sols-plantes-microbes
Évaluation du risque environnemental



Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques

Québec



INRS
Université d'avant-garde