

GÉOLOGIE ET GÎTES MINÉRAUX DE LA PROVINCE DE GRENVILLE



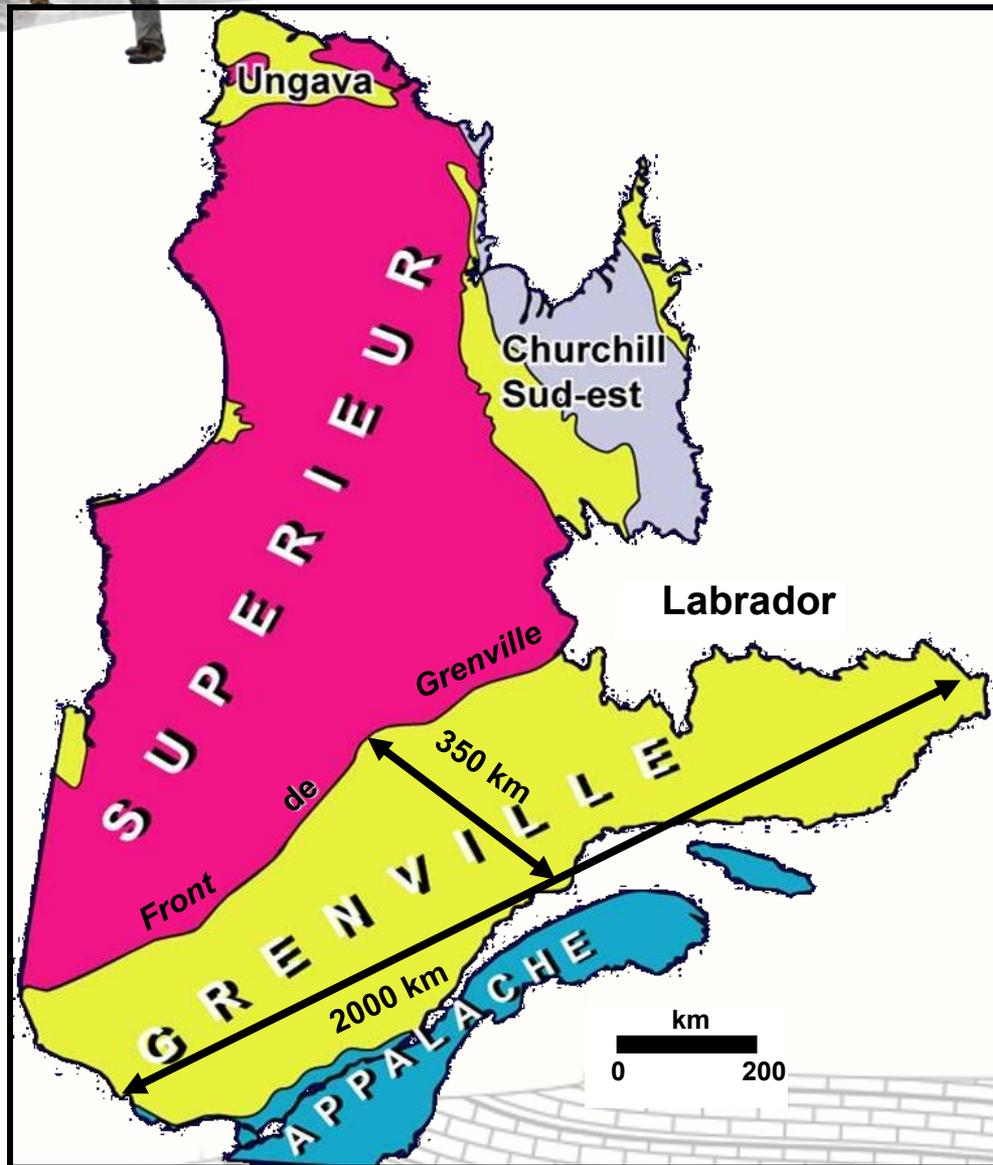
◆
Abdelali Moukhsil
Ph.D (MRN)

Fabien Solgadi
Ph.D (MRN)

◆
Thomas Clark
Ph.D (MRN-UQAT)

Ressources
naturelles
Québec 

Introduction



PALÉOZOÏQUE (544 À 280 Ma)

 Cambrien à Permien inférieur

PRÉCAMBRIEN

 Protérozoïque (2500 à 544 Ma)

 Archéen à Protérozoïque

 Archéen (4200 à 2500 Ma)

Le Québec est constitué principalement de roches précambriennes qui appartiennent au bouclier canadien.

La Province de Grenville :

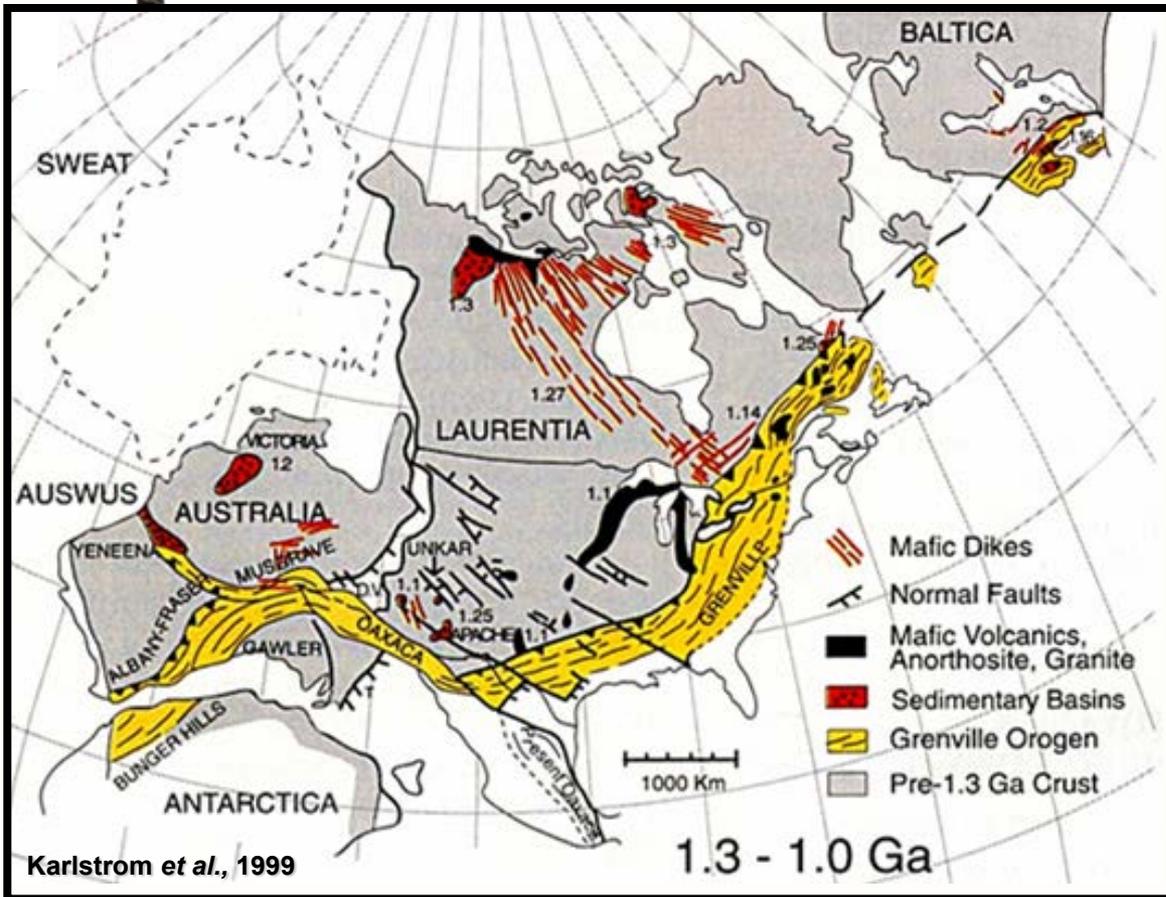
- occupe un territoire très étendu au Québec (2000 km avec une largeur moyenne de 350 km).

- est limitée par les provinces du Supérieur et de Churchill au nord et les roches sédimentaires de la plate-forme du Saint-Laurent et les Appalaches au sud.

- est limitée au nord-ouest par le Front du Grenville Elle est la plus jeune entité géologique du bouclier Canadien.

- s'est construite petit à petit le long de la marge est du continent appelé la Laurentia

Introduction



La Province géologique de Grenville :

- s'étend de Terre-Neuve jusqu'au Texas.
- a été reconnue au Mexique, dans les Calédonides au nord de l'Irlande, en Écosse, puis en Norvège et dans la province Svéconorvégienne en Scandinavie (Suède).
- Plusieurs auteurs la font poursuivre de l'Amérique centrale à l'Antarctique, et de l'Inde à l'Australie.

Laurentia = Précambrien ou craton nord-américain et du Groenland

Les différentes orogénèses et événements affectant la Province de Grenville

Période par période : Une histoire allant de 1900 à 986 Ma

Orogenèse Pre-labradorienne 1,90 -1,71 Ga

Événement labradorien 1,71-1,60 Ga

Événement wakamien 1,60-1,52 Ga

Orogenèse pinwarienne 1,52-1,46 Ga

Événements elsonien 1,46-1,23 Ga

Orogenèse elzévirienne 1,230 à 1,180 Ga

Événement adirondien 1,180 à 1,080 Ga

Orogenèse grenvillienne 1,085-0,986 Ga

Orogène = résultat d'une collision continent-continent (l'édification d'une chaîne de montagne)

Orogenèse = orogénie = processus responsable de la formation de la chaîne de montagne

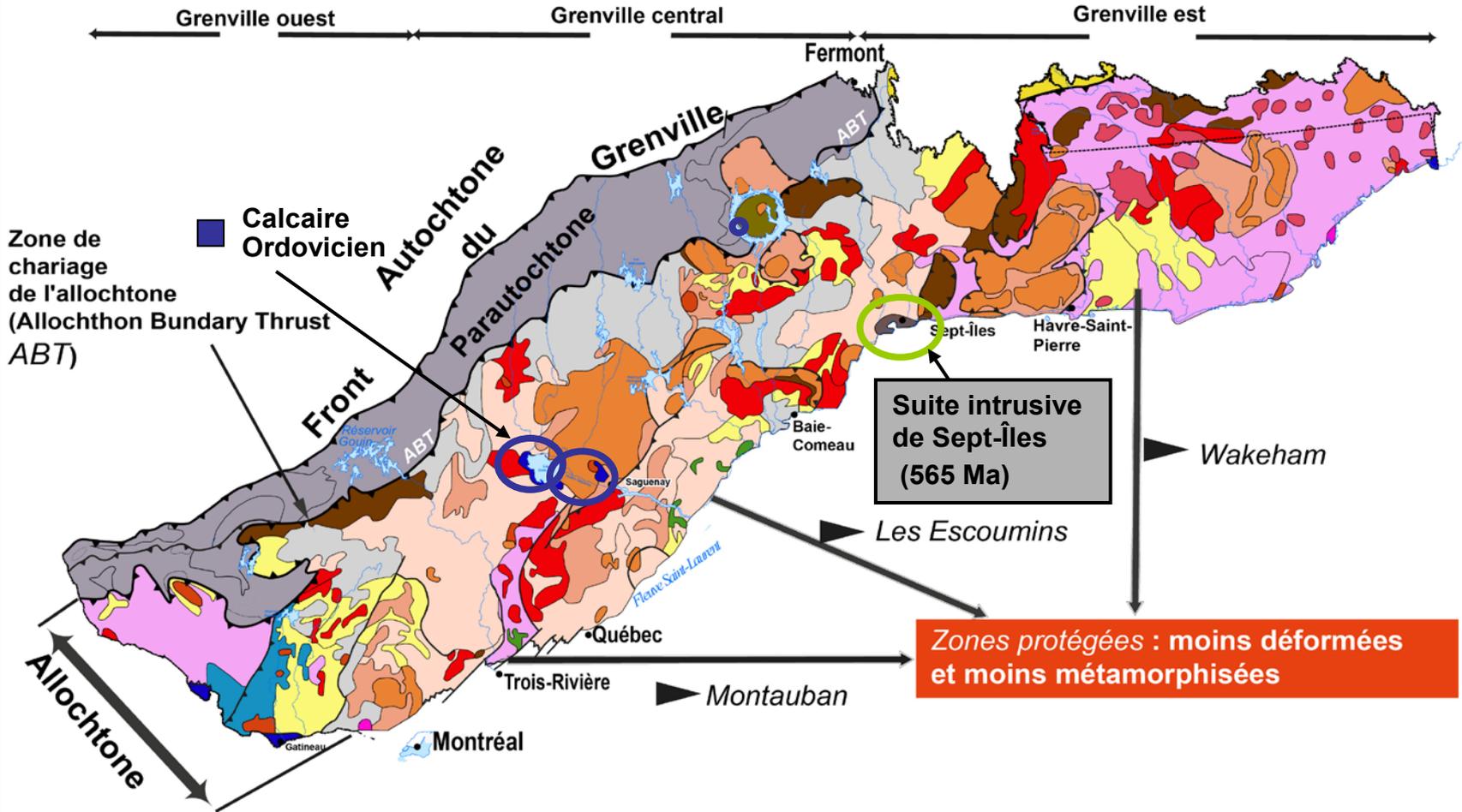
(**Orogenèse grenvillienne** = collision continent-continent)

Classification de Gower et Krogh (2002)

Ressources
naturelles

Québec

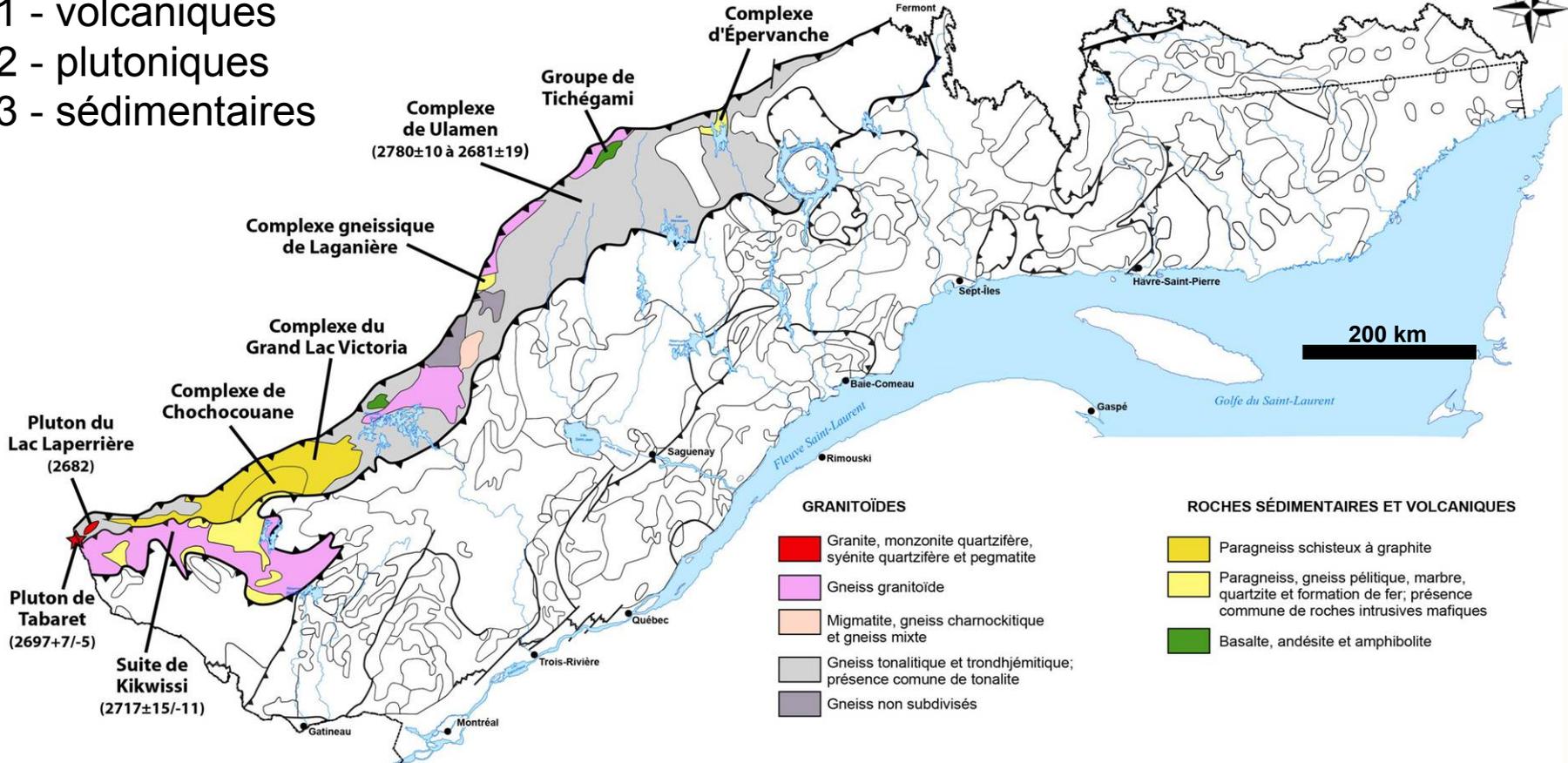
Introduction : Subdivision de la Province de Grenville



Archéen : Parautochtone : > 2500 Ma

Roches archéennes

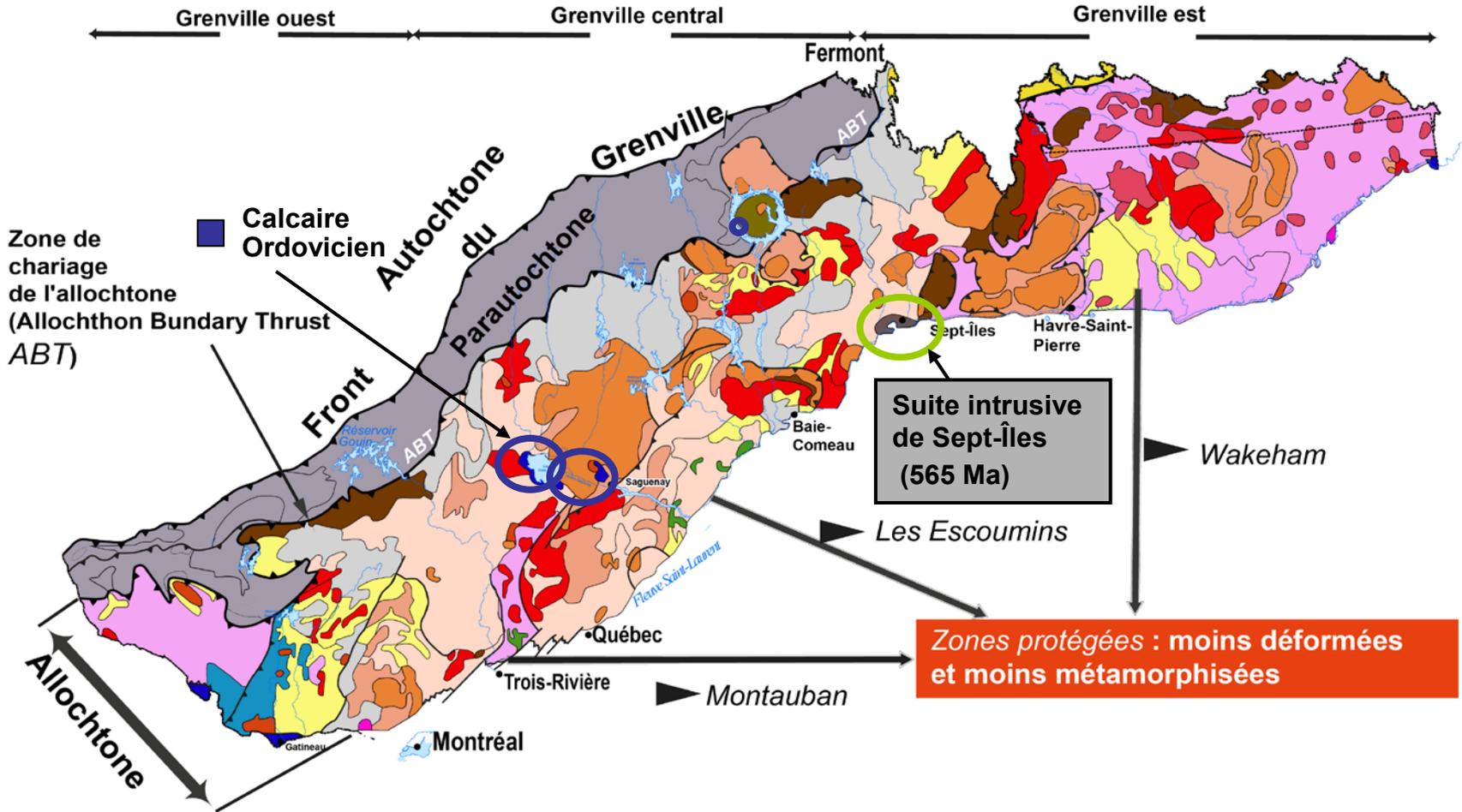
- 1 - volcaniques
- 2 - plutoniques
- 3 - sédimentaires



Ressources
naturelles

Québec

Introduction : Subdivision de la Province de Grenville

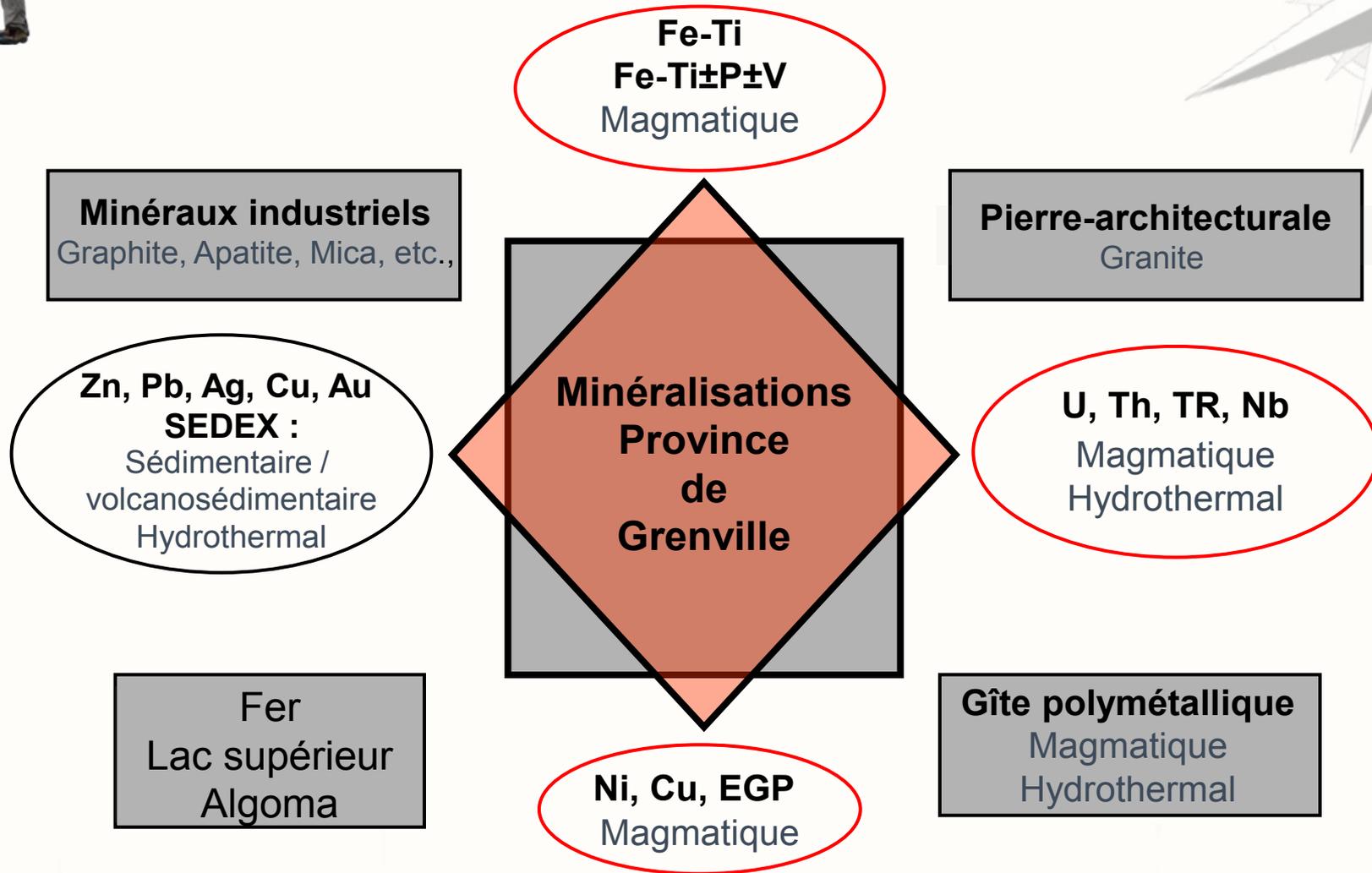


Gîte, gisement et indices minéralisés

Potentiel minéral du Grenville



Les différents types de minéralisation de la Province de Grenville





Minéralisation de Ni-Cu

Classification de la minéralisation Ni-Cu±Co±EGP dans le Grenville (T. Clark, 1998)

◆ Syngénétiques - magmatiques

- 1 - Suites AMCG - Intrusions mafiques distales
ex. Complexe de Matamec : filon-couches et dykes (Lac Volant)
- 2 - Suites AMCG - Unités mafique-ultramafiques (intrusions et lits) près des bordures des anorthosites
ex. Suites anorthositique : Havre-St-Pierre, Pentecôte, Lac-St-Jean et De La Blache
- 3 - Intrusion mafiques-ultramafique - arc magmatique/bassin d'arrière-arc
ex. Plateau de Manicouagan, ceinture de Porneuf-Mauricie, Terrane de Renzy
- 4 - Intrusion mafiques divers - contexte géotectonique non établi
ex. Suite de Toulnostouc, Suite de Louis, etc.

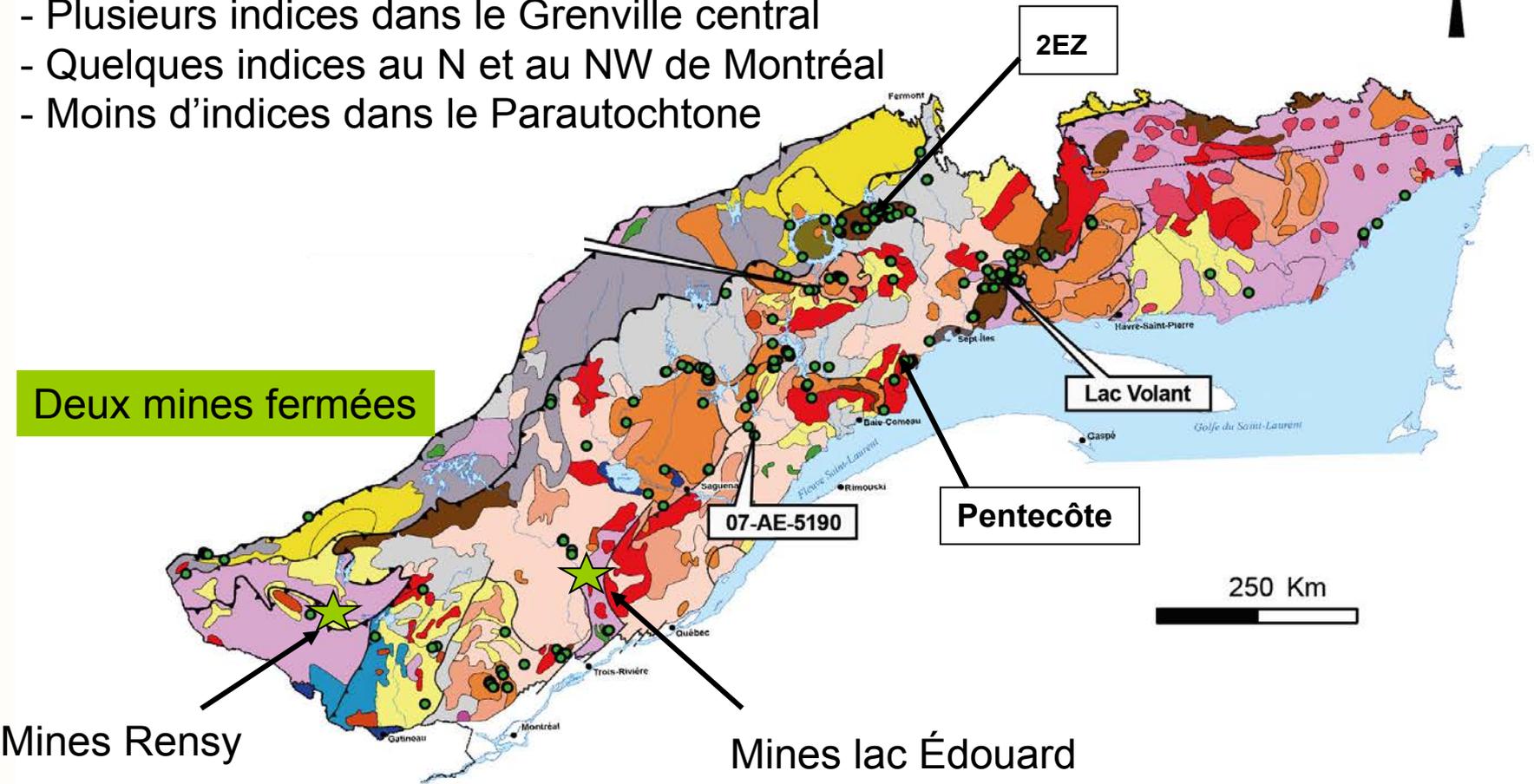
◆ Épigénétiques (métamorphique/hydrothermale)

Ressources
naturelles

Québec  10

Indices et gîtes de Ni-Cu-EGP dans le Grenville québécois

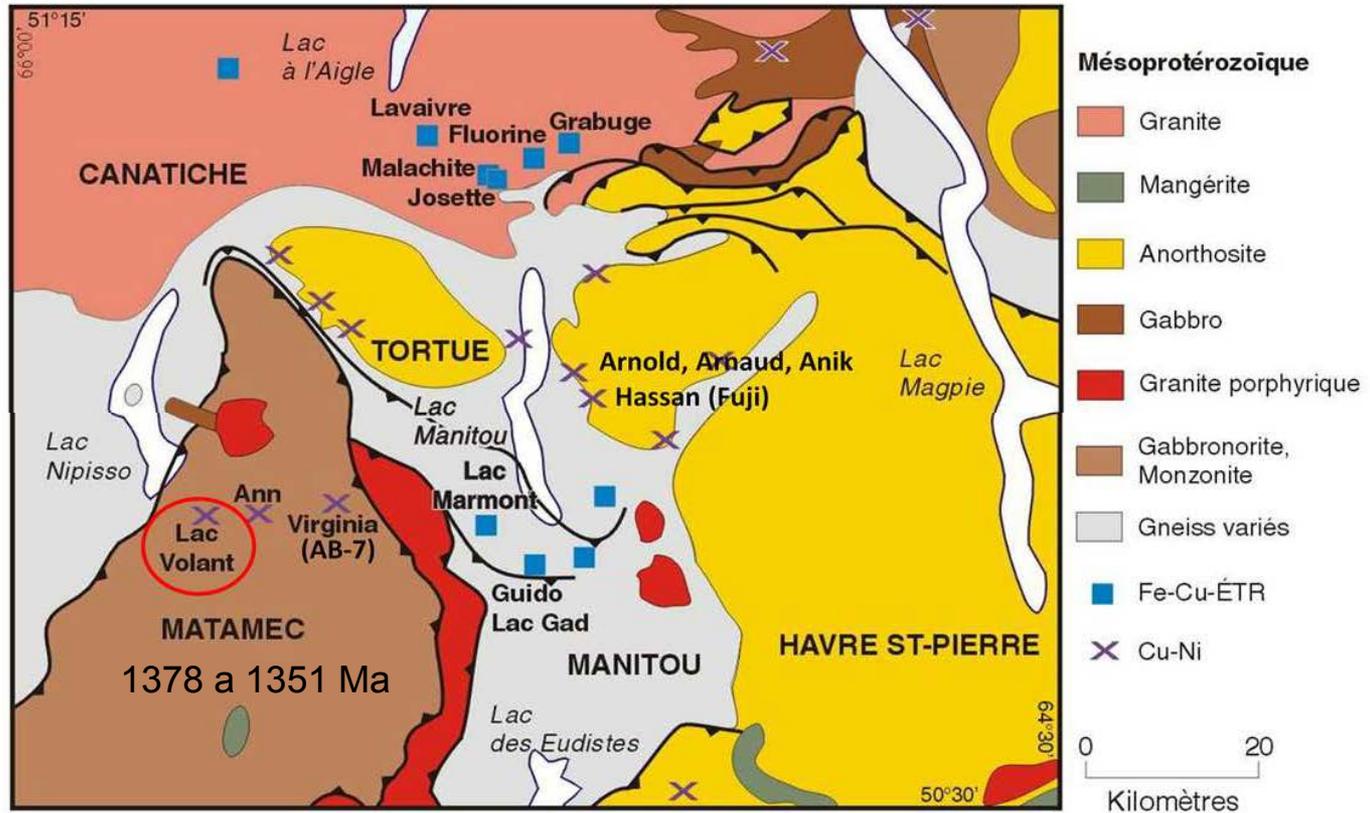
- Plusieurs indices dans le Grenville central
- Quelques indices au N et au NW de Montréal
- Moins d'indices dans le Parautochtone



Deux mines fermées

Lac Volant

Région du lac Manitou



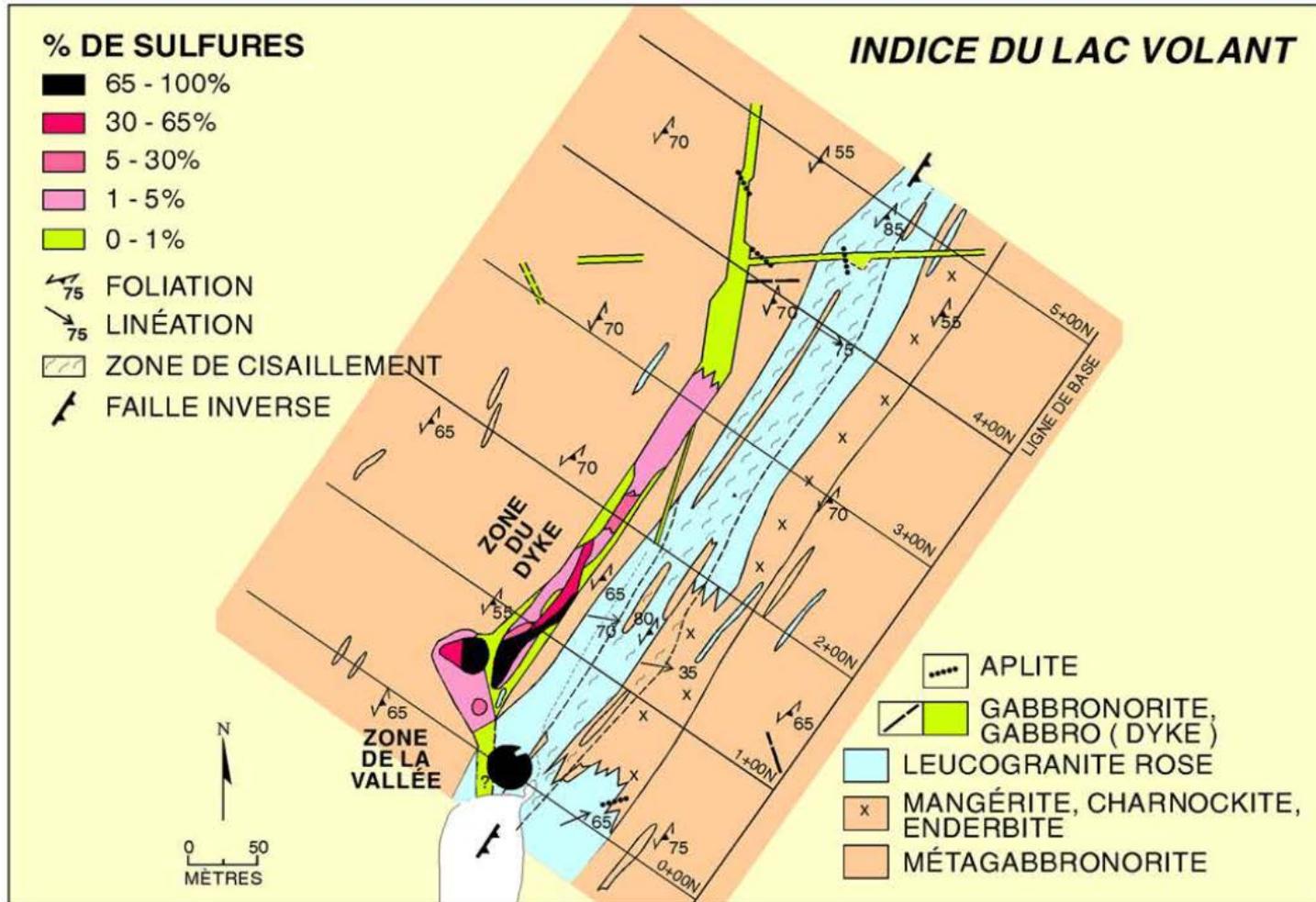
Découvert en 1996 par le MRN

Ressources
naturelles

Québec



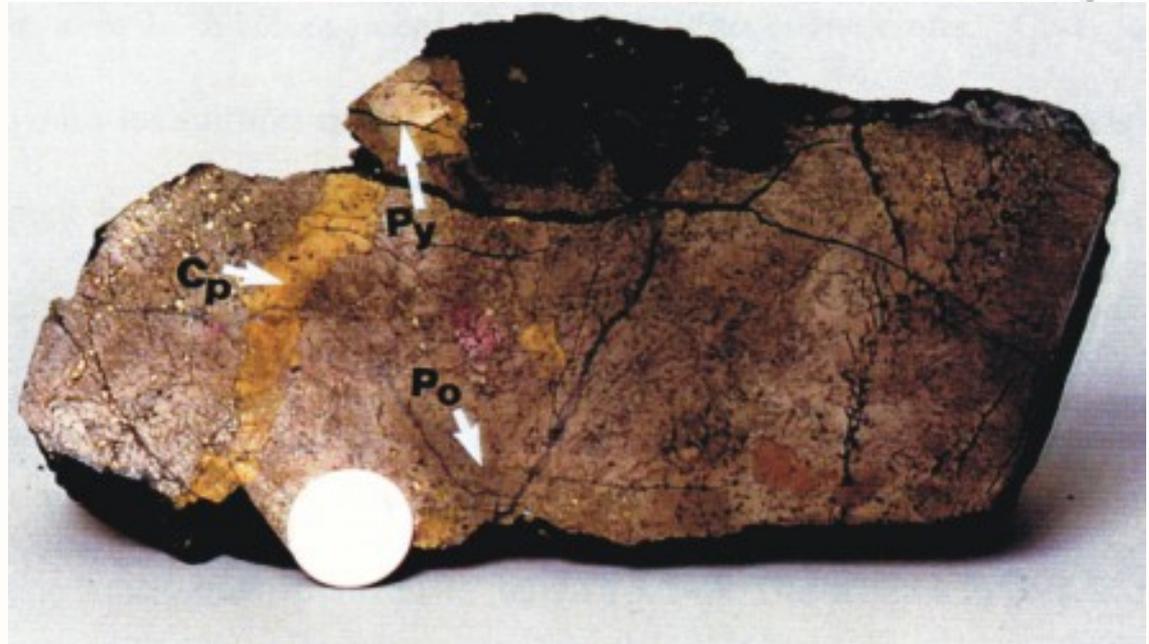
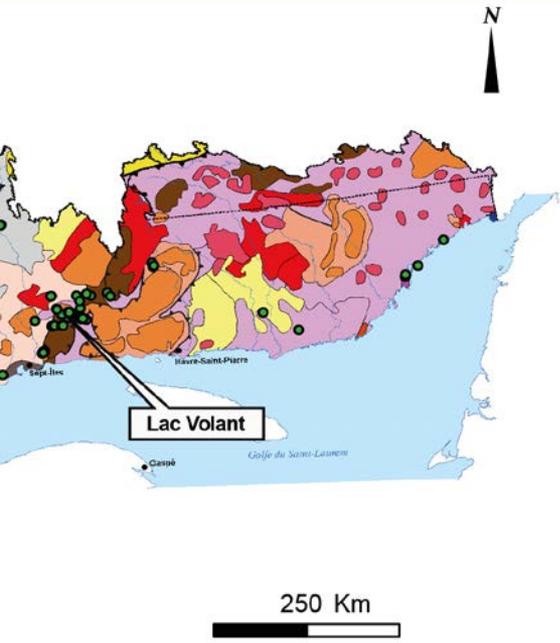
Indice du lac Volant



Indices et gîtes de Ni-Cu-EGP dans le Grenville québécois

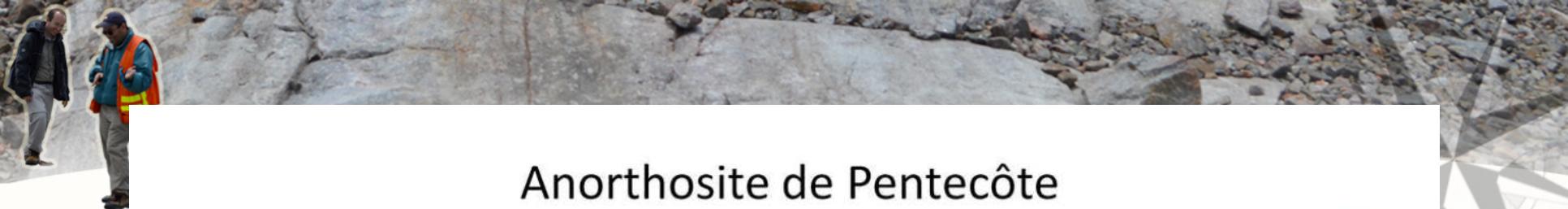


- Exemple du Lac Volant :

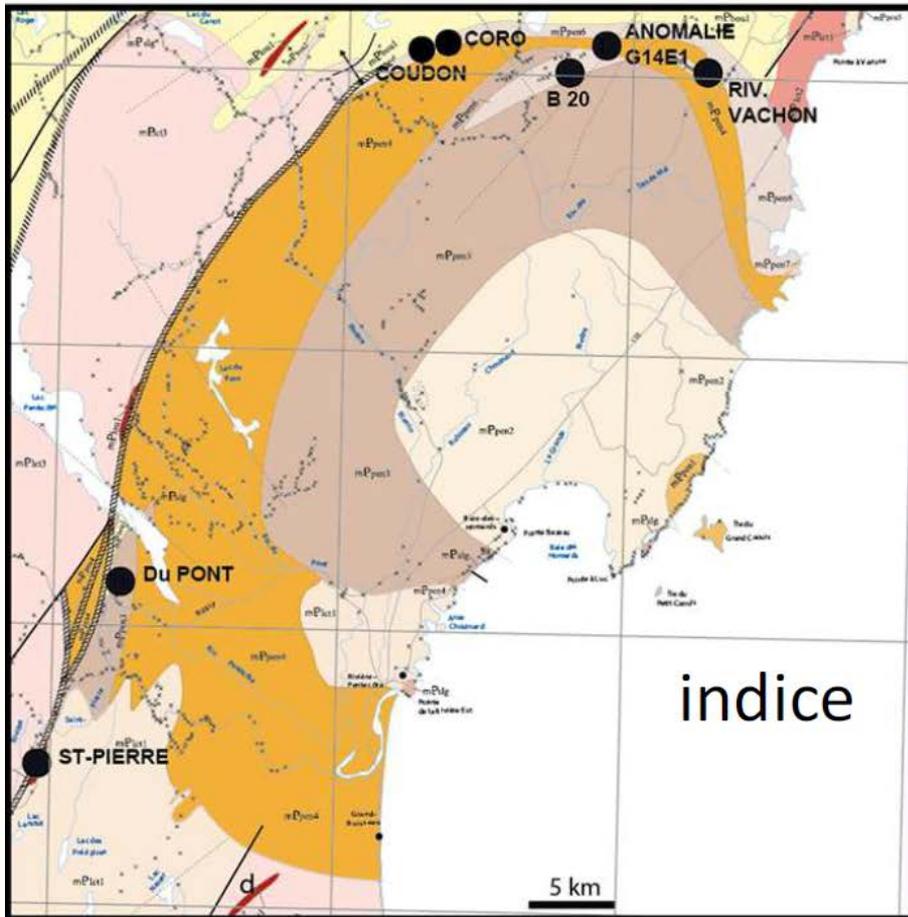


Roche hôte : Dyke de gabbronorite
Composition moyenne des sulfures massifs :
1,89 % Ni et 1,83 % Cu





Anorthosite de Pentecôte (1,35 Ga)



● Indice Ni-Cu

Moukhsil et al., 2011



Sulfures semi-massifs, indice Coudon

MÉSO-PROTÉROZOÏQUE

Suite de Louis (<1060 ±2,9 Ma, David, 2005)

- mPlou1 Gabbro, gabbro-norite

Suite de Bignell

- mPbil Granite, charnockite, monzonite

Suite anorthositique de Rivière-Pentecôte (1354 ±3 Ma, Machado et Martignole, 1988)

- mPpen6 Leuconorite, anorthosite pegmatitique, pyroxénite, norite à quartz bleu et cordiérite
- mPpen5 Leuconorite à apatite, ferrodorite, amphibolite
- mPpen4 Leuconorite, norite pegmatitique et anorthosite
- mPpen3 Leucotroctolite, anorthosite pegmatitique et anorthosite à grain grossier
- mPpen2 Anorthosite à pyroxène, anorthosite pegmatitique, anorthosite hololeucocrate et leuconorite
- mPpen1 Anorthosite à lits de leuconorite à grain fin

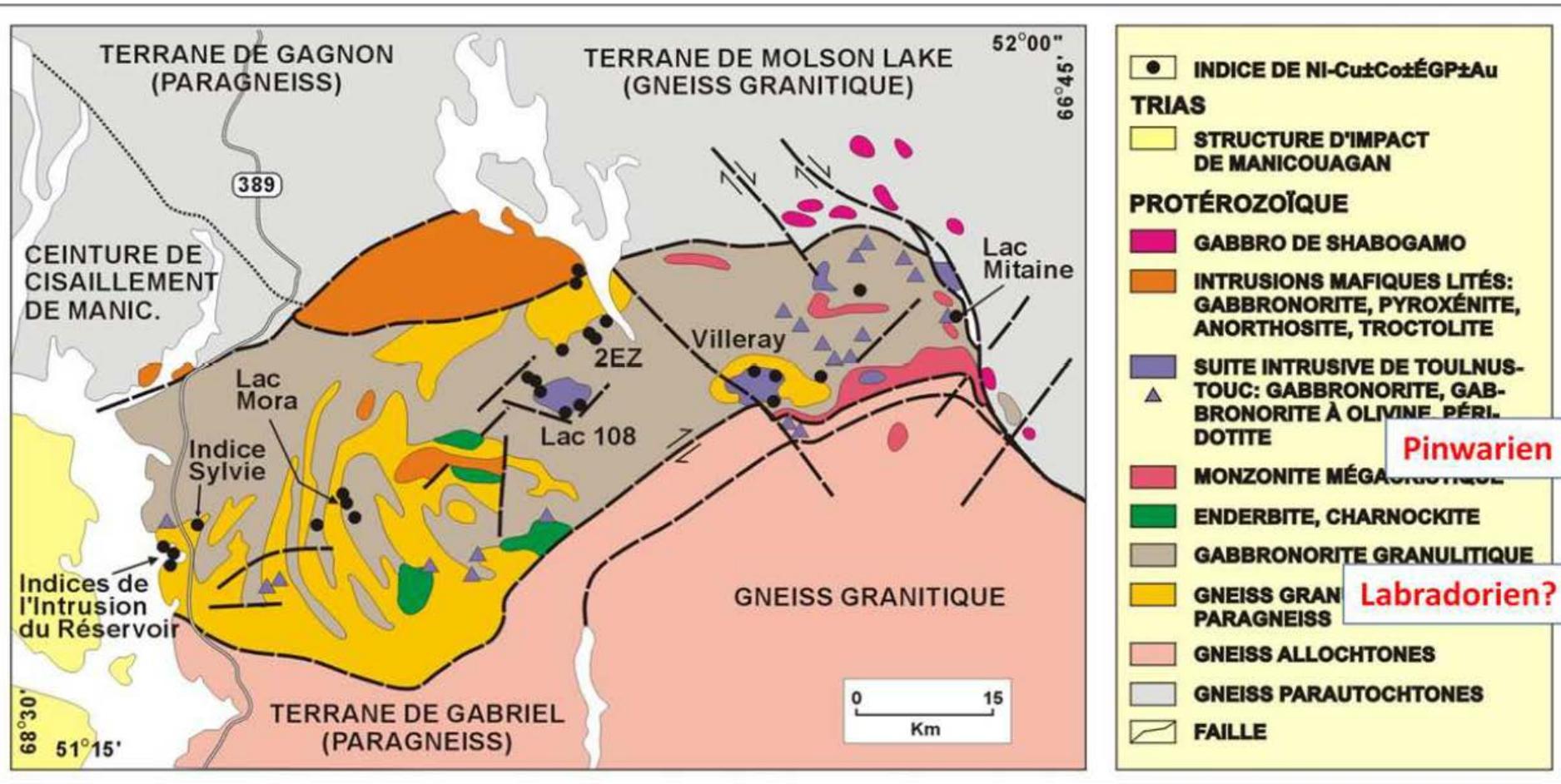
Suite plutonique de Lanctot

- mPlct3 Granite, monzonite quartzifère, mangérite et charnockite
- mPlct2 Charnockite porphyrique à quartz bleu
- mPlct1 Mangérite à grain grossier

Complexe de Bourdon (1491 Ma; Moukhsil et al., 2009)

- mPbou2 Paragneiss, paragneiss migmatitisé et migmatite

Plateau de Manicouagan : associée à un arc magmatique Pinwarrien





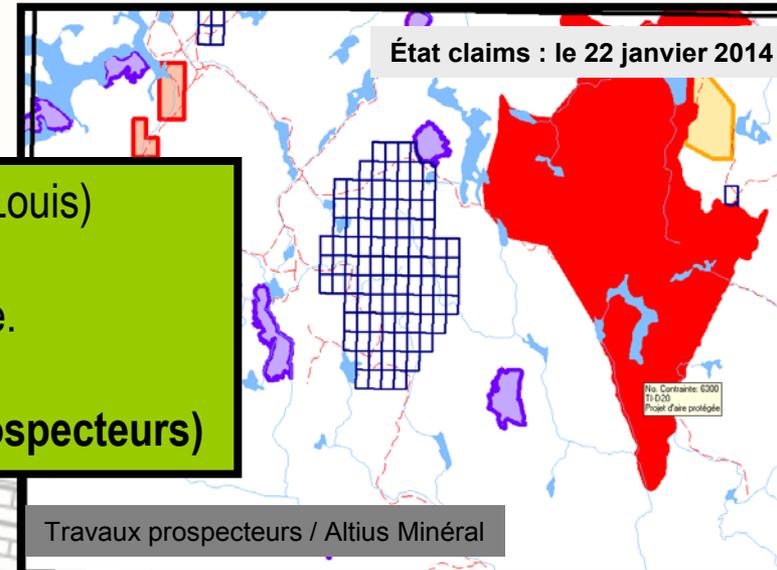
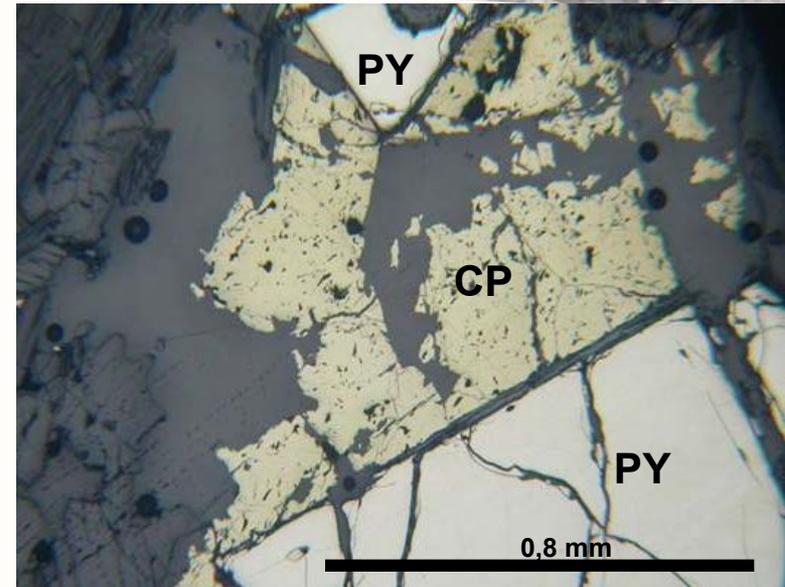
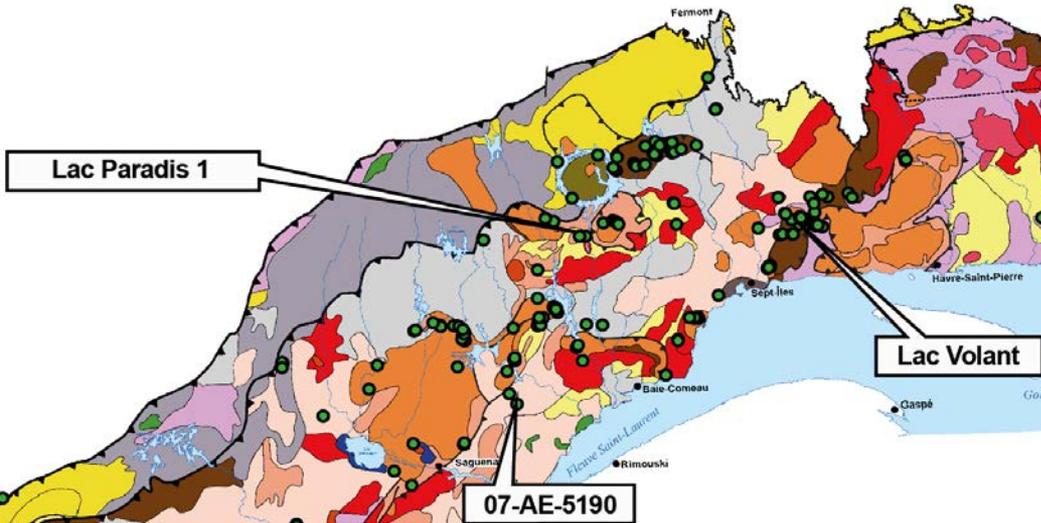
Indice 2EZ

Gabbronorite granoblastique - faciès des granulites



Indices et gîtes de Ni-Cu-EGP dans le Grenville québécois

- Exemple 07-AE-5190
(Grand portage)



- Mélagabbronorite à plagioclase de type labradorite (Suite de Louis)
- Minéralisation disséminée de type magmatique / épigénitique.
- Jusqu'à 6 % sulfure en grain : Pyrite - chalcopyrite - pyrrhotite.
- Teneurs : 0,46 % Ni, 0,19 % Cu (par MRN)
- Teneurs : jusqu'à 1,12 % Ni, 0,46 % Cu, 0,032 % Co (par prospecteurs)

Travaux prospecteurs / Altius Minéral



Minéralisation de Fer-titane ± apatite



◆ Les minéralisations de Fe et Ti sont typiquement observées dans :

- Les complexes ou suites anorthositiques (dyke, amas, veine, corps tabulaire)
 - Associés à des plagioclases de type andésine (Mine TiO)
 - Associés à des plagioclases de type labrador (De la Blache)
- Dans les intrusions ou dykes mafiques à ultramafiques (OAGN ex : Ruisseau David)
- Dans les suites intrusives ou complexes lités mafiques (nelsonite ex Mine Arnaud)
- Niveaux enrichis en minéraux lourds (placers ou sables noirs)

◆ Les minéralisations de Fe & Ti sont formées :

D'ilménite et d'hémo-lilménite associées à

- Magnétite (niveau de magnétite)
- Magnétite titanifère
- Spinelle (heyrcynite)
- Rutile, sulfures de fer, de cuivre et silicates

Moukhsil et Perreault (2005)

Perreault (2006)

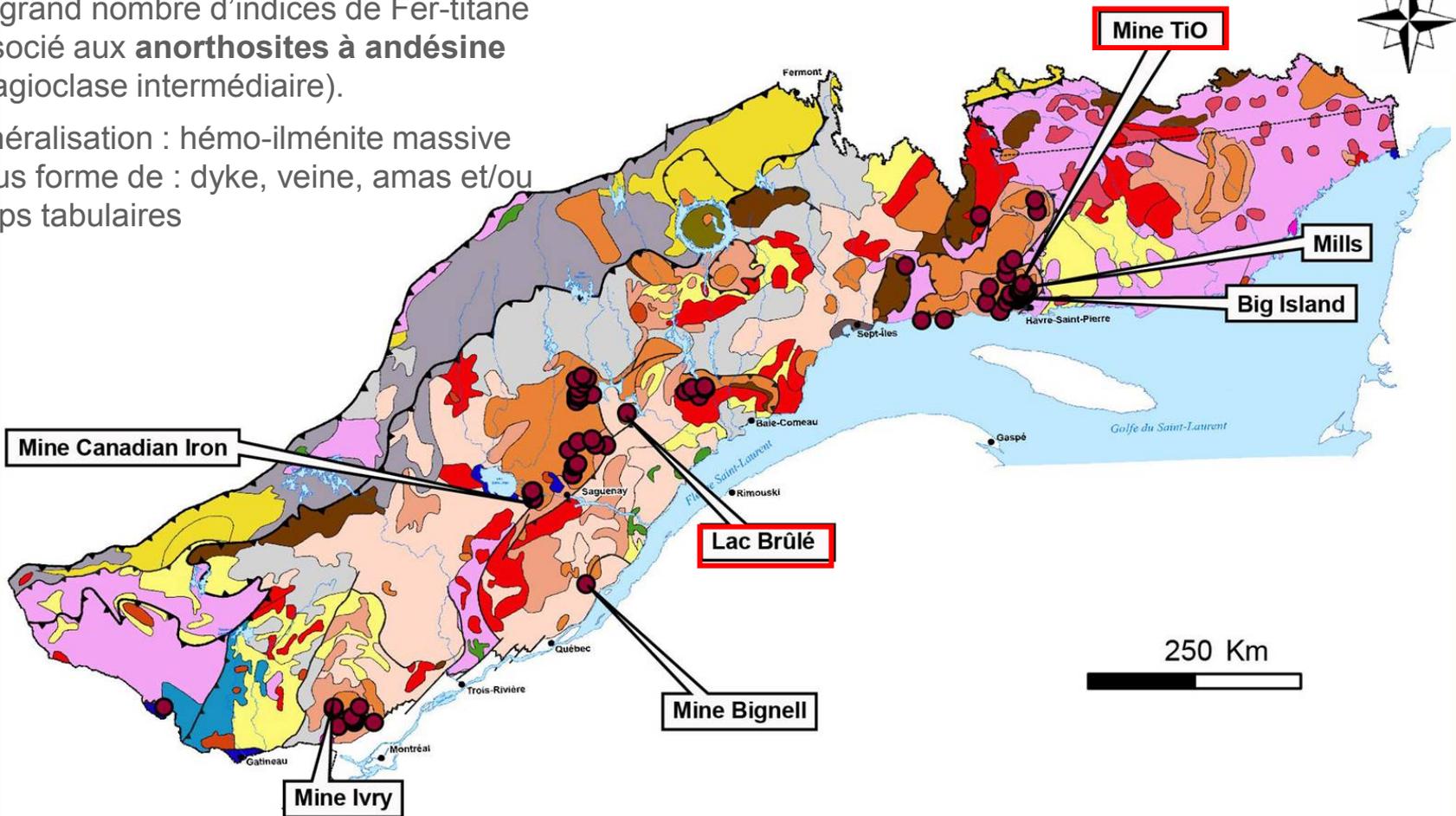
Ressources
naturelles

Québec  19

Fe-Ti dans anorthosites à andésine

Le Grenville contient une mine d'ilménite et un grand nombre d'indices de Fer-titane associé aux **anorthosites à andésine** (plagioclase intermédiaire).

Minéralisation : hémio-ilménite massive
Sous forme de : dyke, veine, amas et/ou corps tabulaires



Fe-Ti dans la Suite anorthositique de Havre Saint-Pierre : Mine TiO (1061 - 1057 Ma)

Mine TiO seule mine d'ilménite exploitée au Canada (Rio Tinto Group).

Le Québec est le premier producteur mondial d'ilménite extraite de roches consolidées.



Exploitation depuis 1950 (>75 Mt de hémio-ilménite)

Teneurs : 34,2 % TiO_2 , 52,7 % $FeO+Fe_2O_3$

Éléments indésirables : 4,3 % SiO_2 , 3,5 % Al_2O_3 , 3,1 % MgO , 0,9 % CaO , 0,1% Cr_2O_3 et 0,41 % V_2O_5

Réserves prouvées = 48 Mt en 2012.

Ressources
naturelles

Québec  21

Fe-Ti dans Massif anorthositique alcalin de Labrieville : Gîte du Lac Brûlé (1010 - 1008 Ma)

- Hémo-ilménite massive (ilménite contenant des lamelles et des lentilles d'exsolution d'hématite)
- Minéraux accessoires : plagioclase, hercynite, biotite, corindon, apatite et sulfures
- Ressources (*non conforme aux normes canadiennes 43-101*) : estimé historique à : 5,8 Mt à 42 % Fe et 35 % TiO₂)

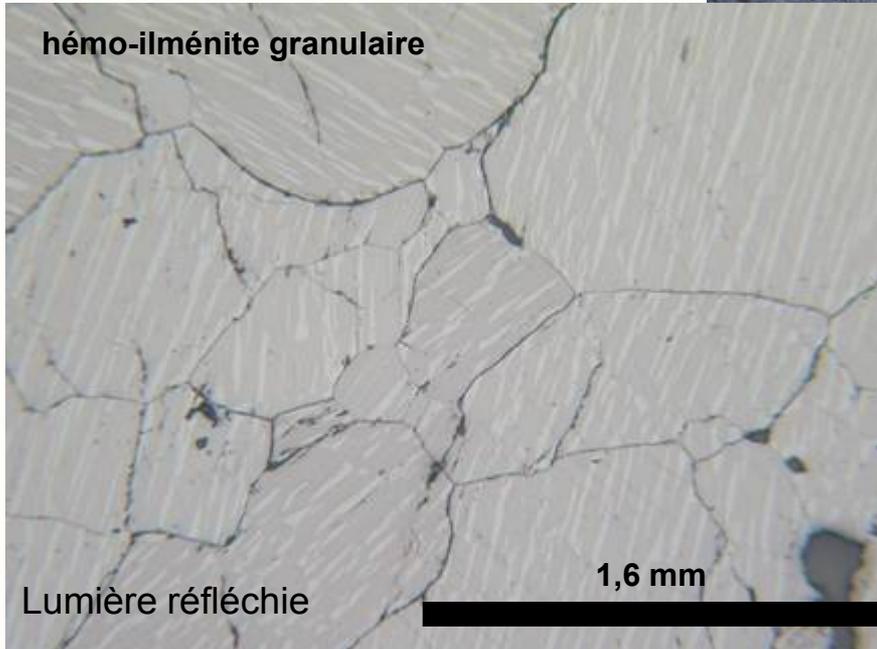
Montagne d'oxydes Fe-Ti
(23 m d'épaisseur)



Oxydes massifs de fer
et titane : hémo-ilménite



hémo-ilménite granulaire



Lumière réfléchie

1,6 mm

Ressources
naturelles

Québec



22

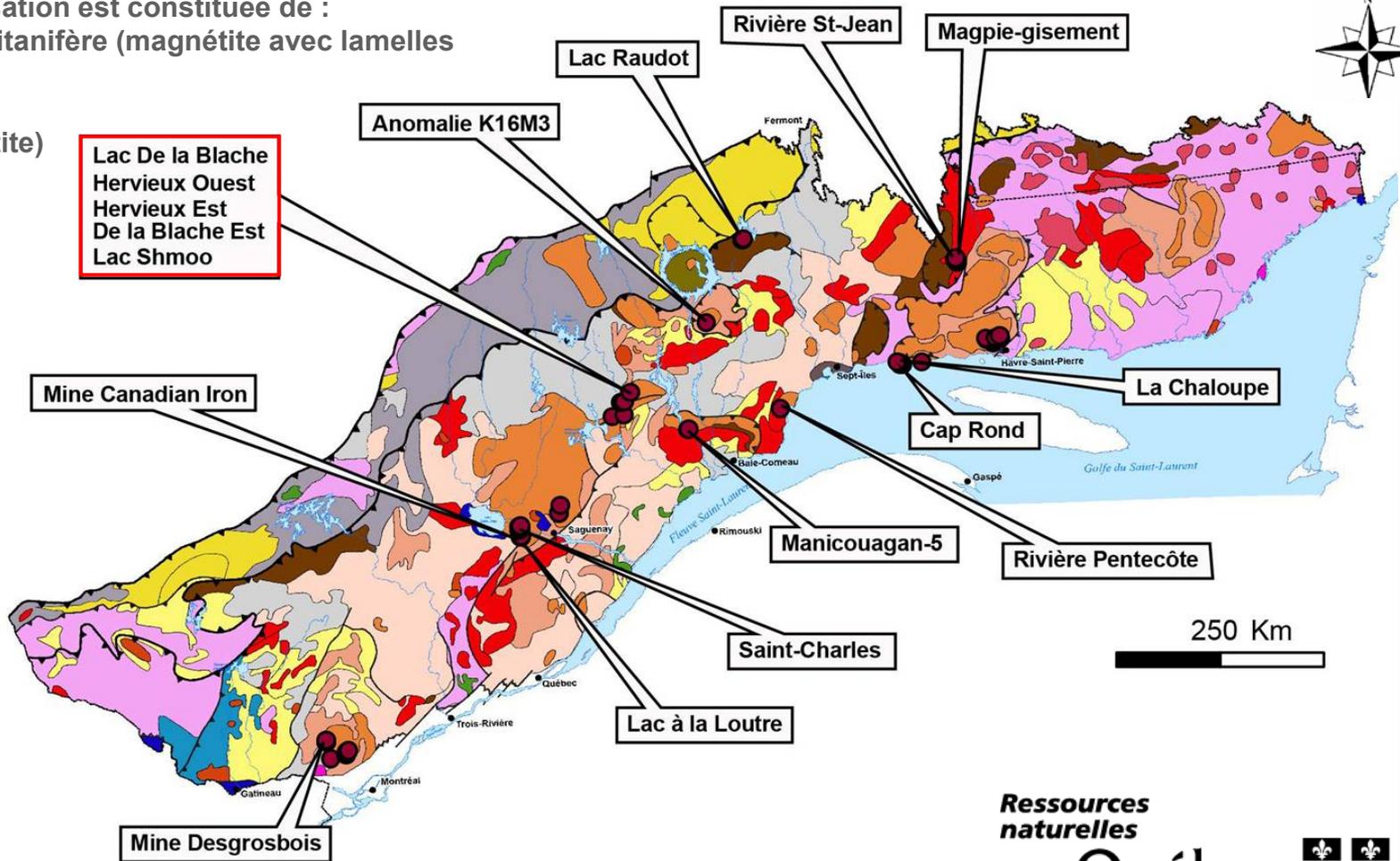
Fe-Ti dans anorthosites à labrador

Les minéralisations sont :

Associées aux complexes et suites d'anorthosites à labradorite

La minéralisation est constituée de :

- magnétite titanifère (magnétite avec lamelles d'ilménite)
- Ilménite
- (fluoroapatite)

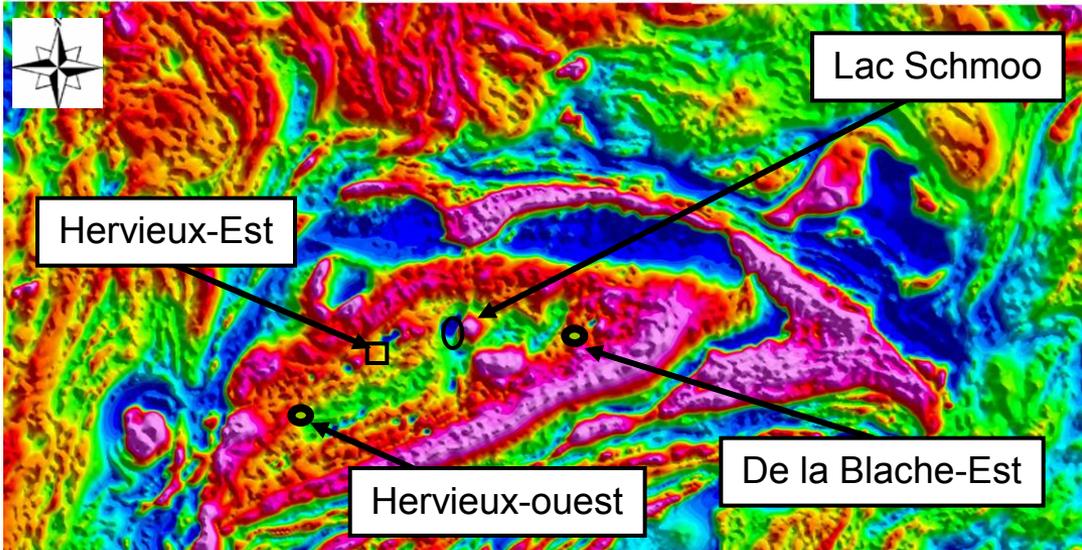


Ressources
naturelles

Québec  23

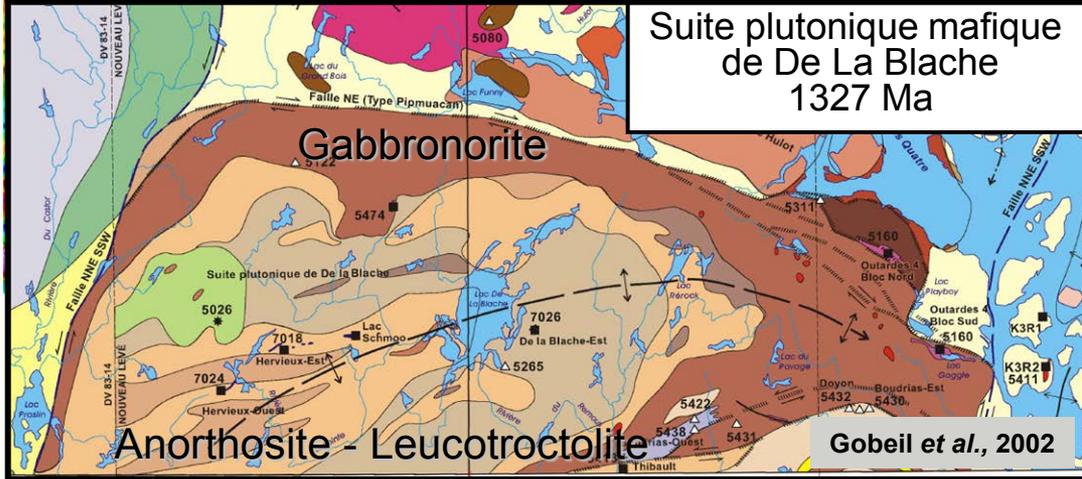
Indices de Fe-Ti-V (Cr): Hervieux, Schmoor, etc.

Roches porteuses : roches mafiques riches en magnétite
Minéralisation de type magmatique et massive sur zones très larges



Gobeil et al., 2002

Gîte de magnétite titanifère
 Minéralisation en masse tabulaire



Suite plutonique mafique de De La Blache
 1327 Ma

Gobeil et al., 2002

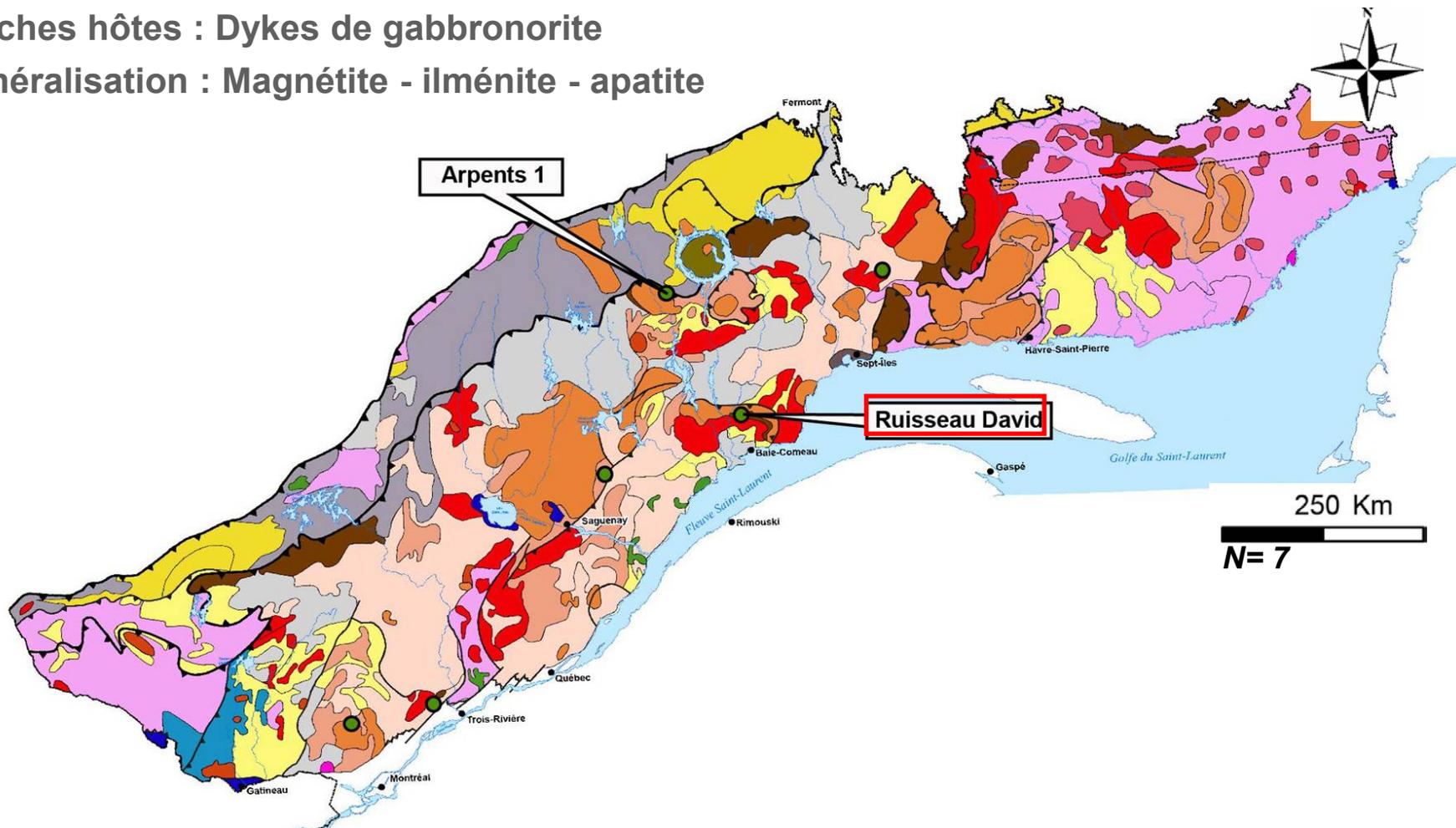
Teneurs
 Jusqu'à :
 71,4 % Fe₂O₃
 22 % TiO₂
 0,51 % V₂O₅
 1800 ppm Cr

Ressources naturelles

Fe-Ti-P dans gabbronorite (OAGN)

Roches hôtes : Dykes de gabbronorite

Minéralisation : Magnétite - ilménite - apatite



Ressources
naturelles

Québec  25

Fe-Ti-P dans un gabbronorite : Indice Ruisseau David

Indice du Ruisseau David

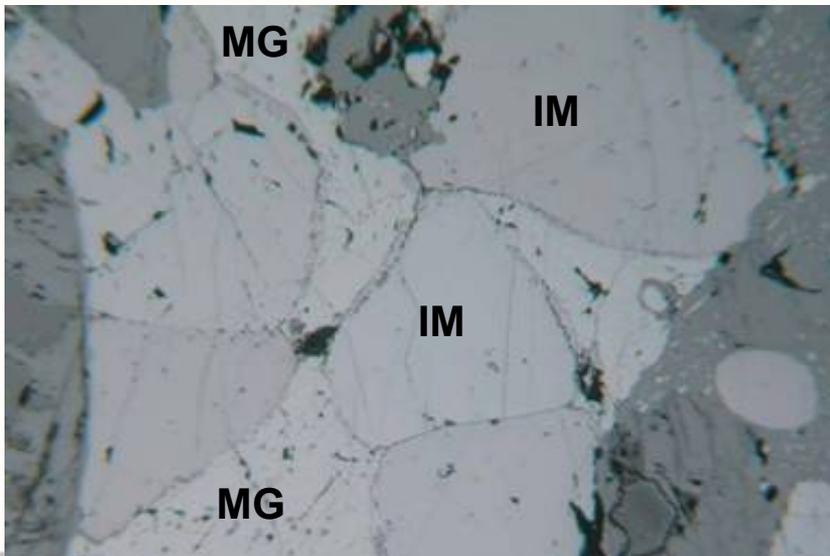


Roche hôte :

- Gabbronorite à niveaux et amas, d'épaisseur décimétrique d'ilménite à magnétite.
- Ilménite et magnétite dont ilménite granulaire recristallisée sans lamelles d'exsolution

Meilleure teneur (éch. choisi) :

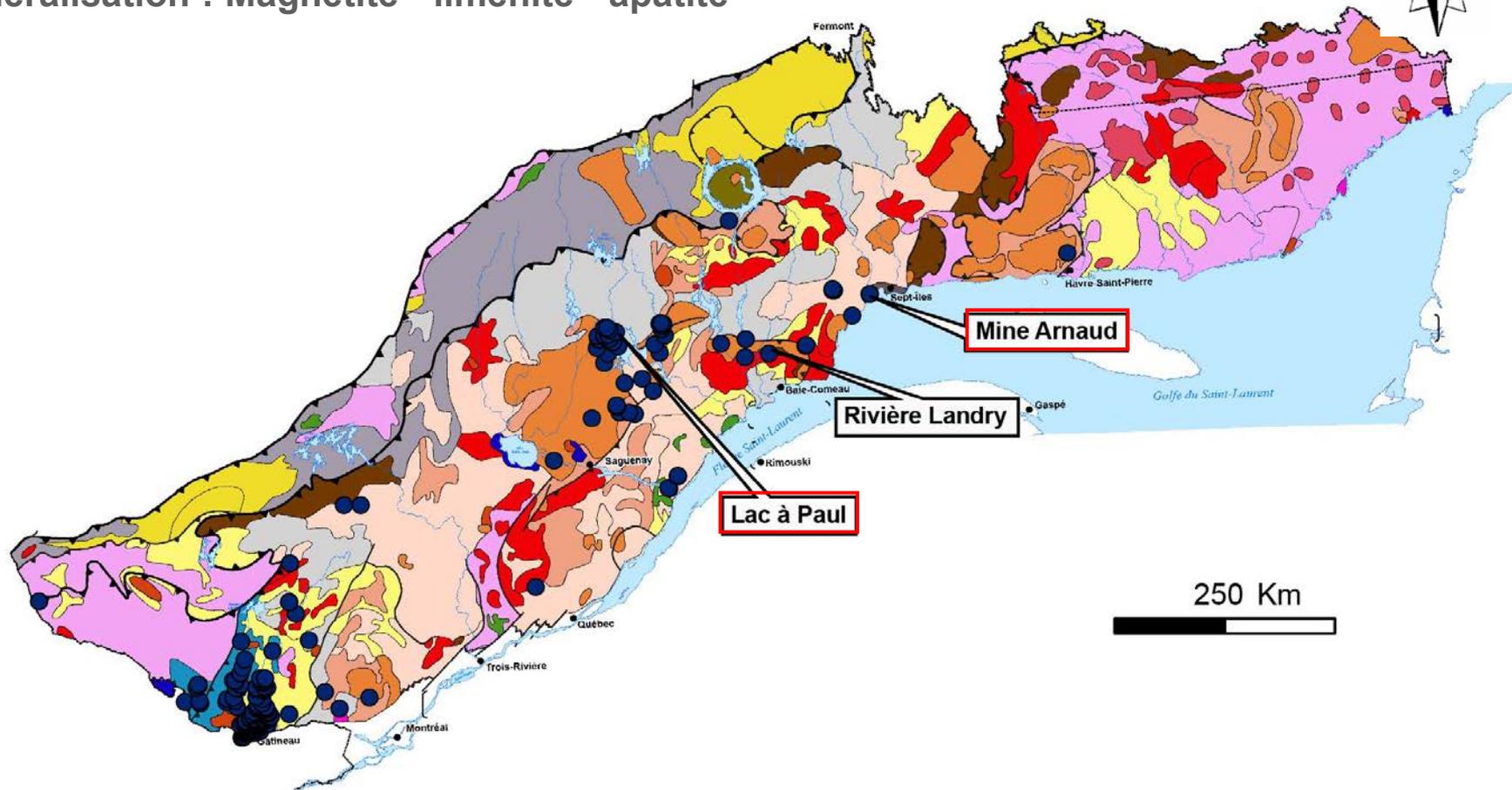
18,98 % TiO_2 et 49,11 % Fe_2O_3



Fe-Ti-P: Apatite - Ilménite

Roches hôtes : Niveaux de nelsonite dans des intrusions litées

Minéralisation : Magnétite - ilménite - apatite



Nelsonite = roche à apatite et à ilménite

Ressources
naturelles

Apatite : Mine Arnaud (Yara international ASA et Investissement Québec (SOQUEM))

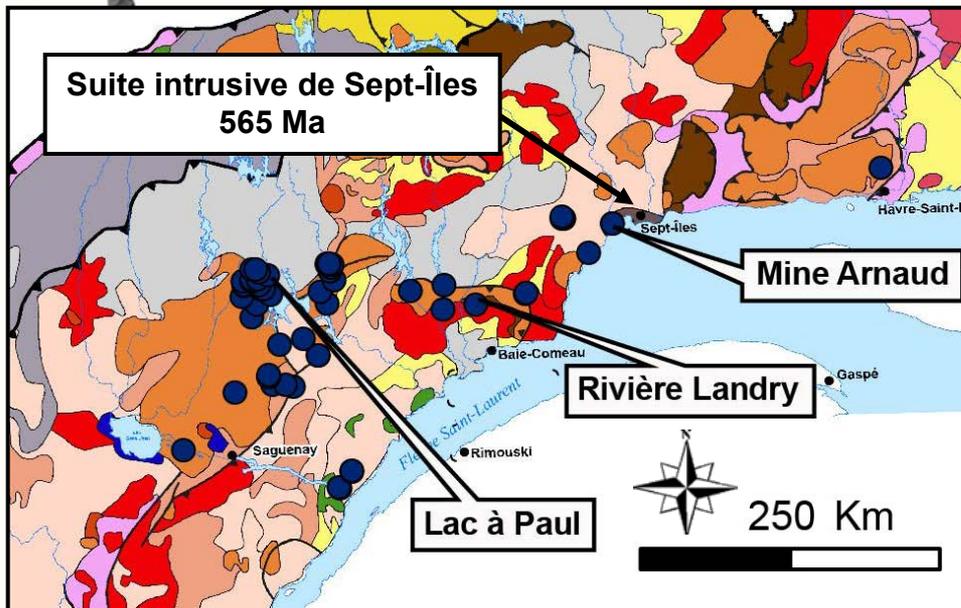
Mine Arnaud

Roches hôtes : nelsonite

Minéralisation de type magmatique

Apatite - ilménite - magnétite

Les ressources totales estimées à 251 Mt de minerai d'apatite à 5 % P_2O_5



(Jusqu'à 8,4 % TiO_2)

Ressources
naturelles

Québec



Apatite : Lac à Paul (Arianne Phosphate)

Minéralisation de type magmatique

Roches hôtes : gabbro, gabbro-norite, nelsonite etc.,

Ressources mesurées et indiquées :
590 Mt à 7,13 % P_2O_5 (coupure 4 % P_2O_5)

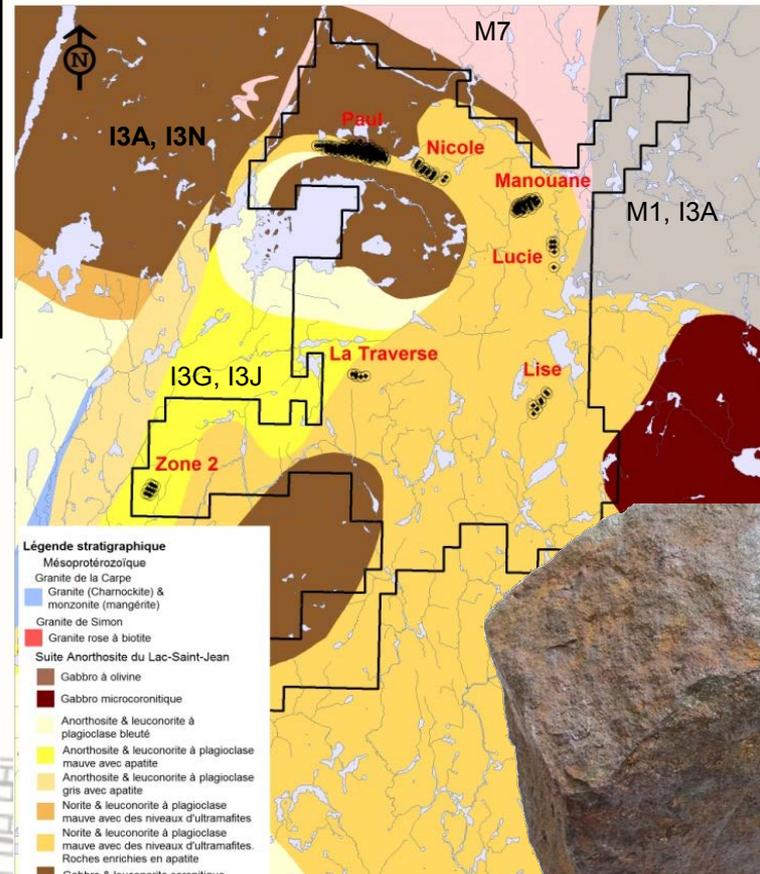
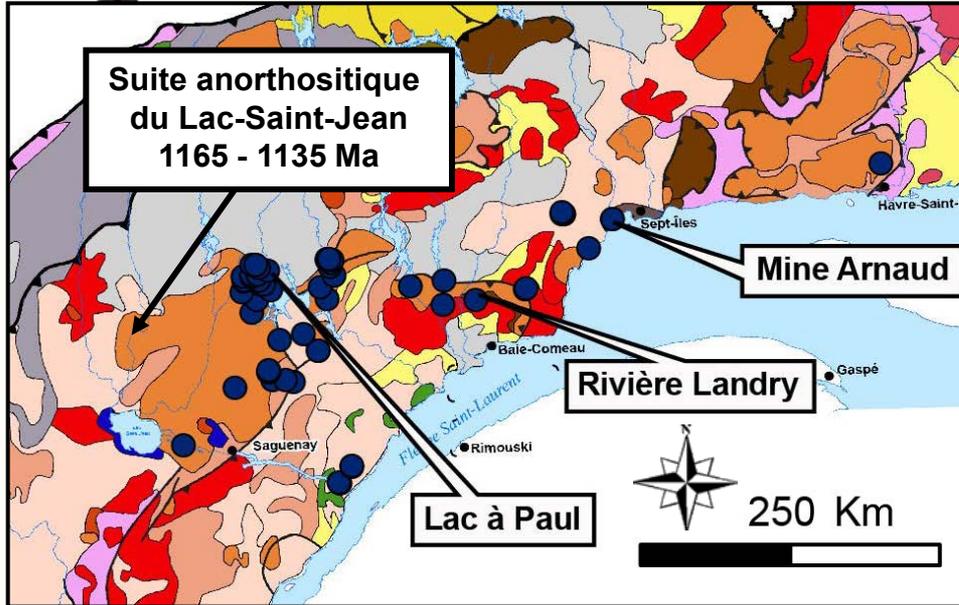


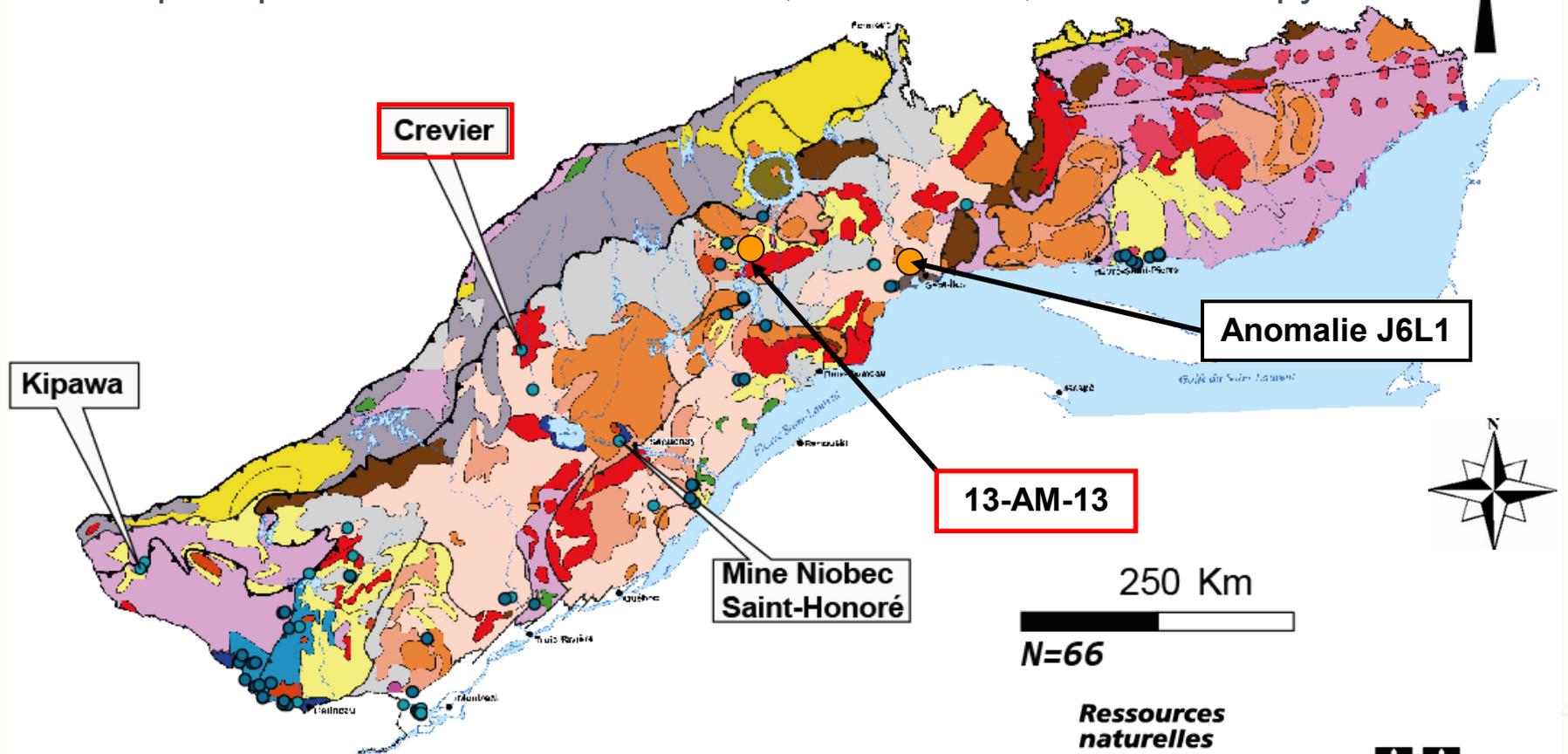
Photo : Arianne Phosphate

Terres rares-Nb-Ta

Terres rares légères (7) : lanthane, cérium, praséodyme, **néodyme**, prométhium, samarium et scandium

Terres rares lourdes (9): terbium, dysprosium, holmium, erbium, thulium, ytterbium, lutécium, yttrium et scandium

Les principaux minéraux : bastnaésite, la monazite, xénotime et pyrochlore

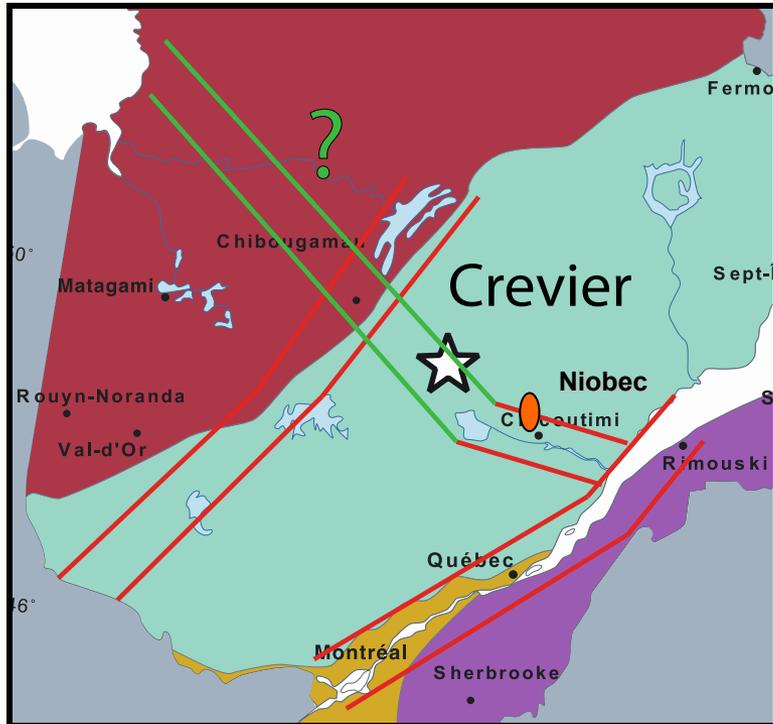


Ressources
naturelles

Exemple : Intrusion alcaline de Crevier

Syénite à néphéline : Deux âges

- 957,5 ± 2,9 Ma (U/Pb, zircon) : post-grenvillien
- 1700 Ma (Lu-Hf, sur zircon) : âge Labradorien (l'âge d'extraction initial du manteau supérieur)



Données Maîtrise P-A. Groulier (2013)

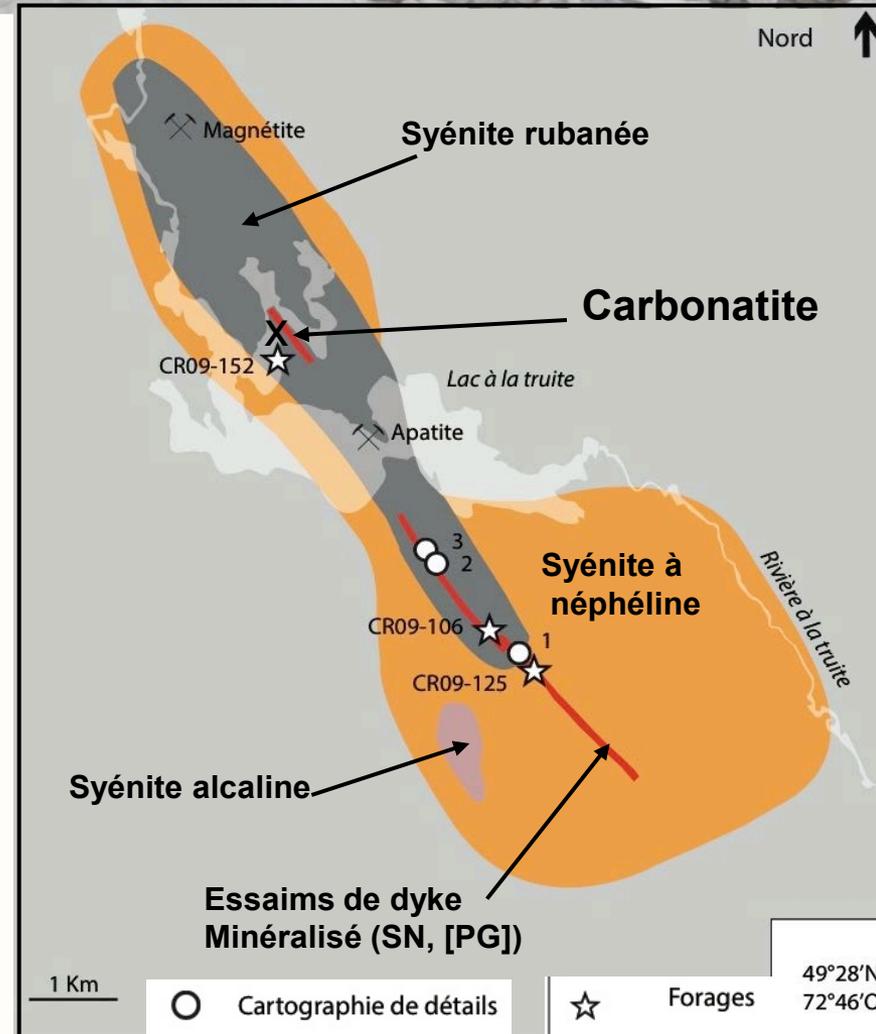
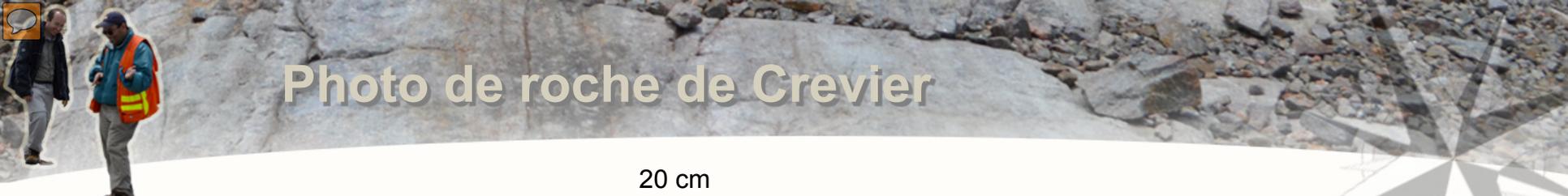
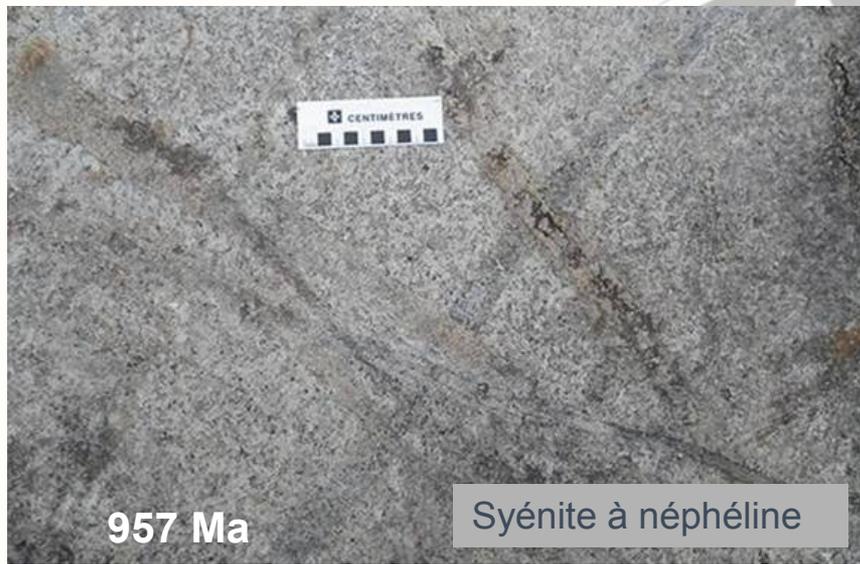
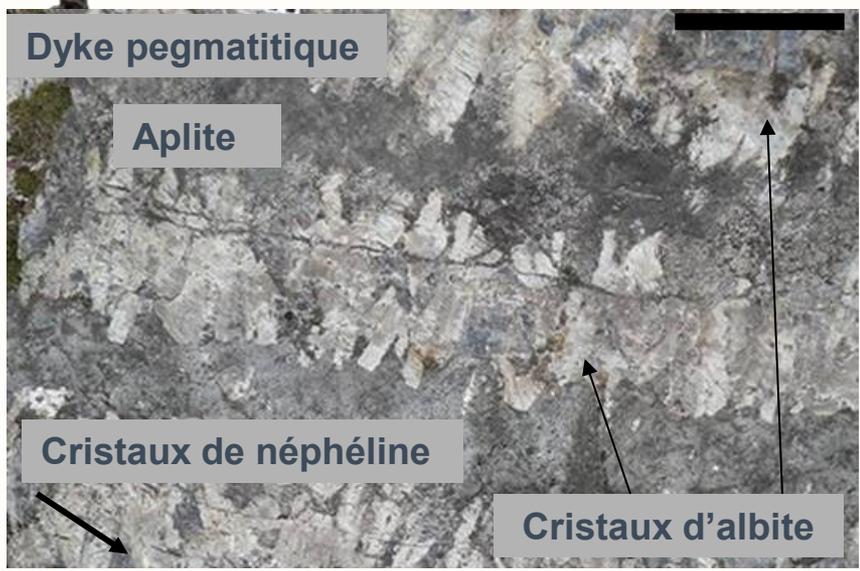


Photo de roche de Crevier



20 cm



P-A Groulier (2012) MS

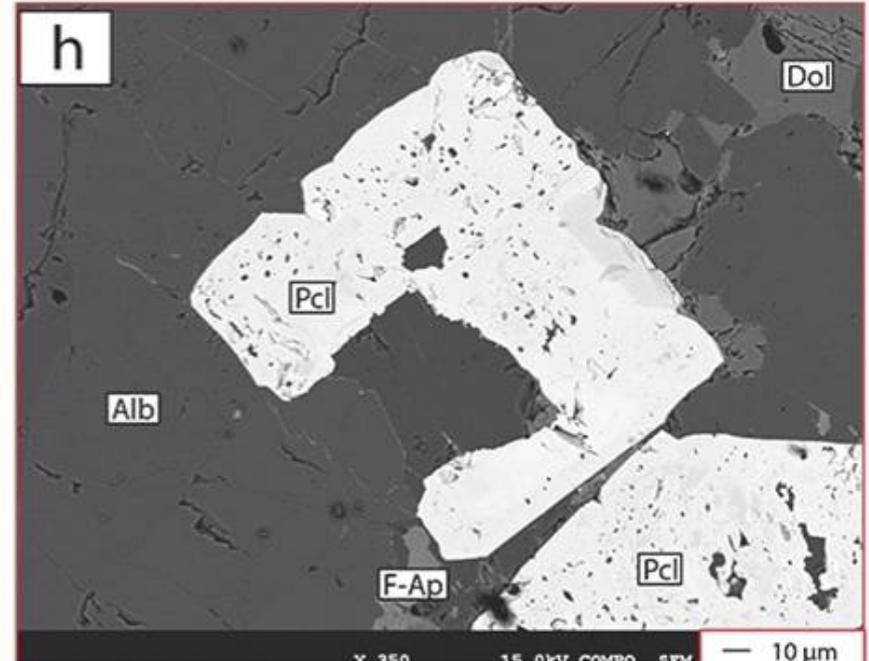
Minéralisations en Nb-Ta de l'intrusion alcaline de Crevier

Syénite à néphéline pegmatitique

Minéralisée en Nb-Ta Pyrochlore



Couronne d'altération en cancrinite



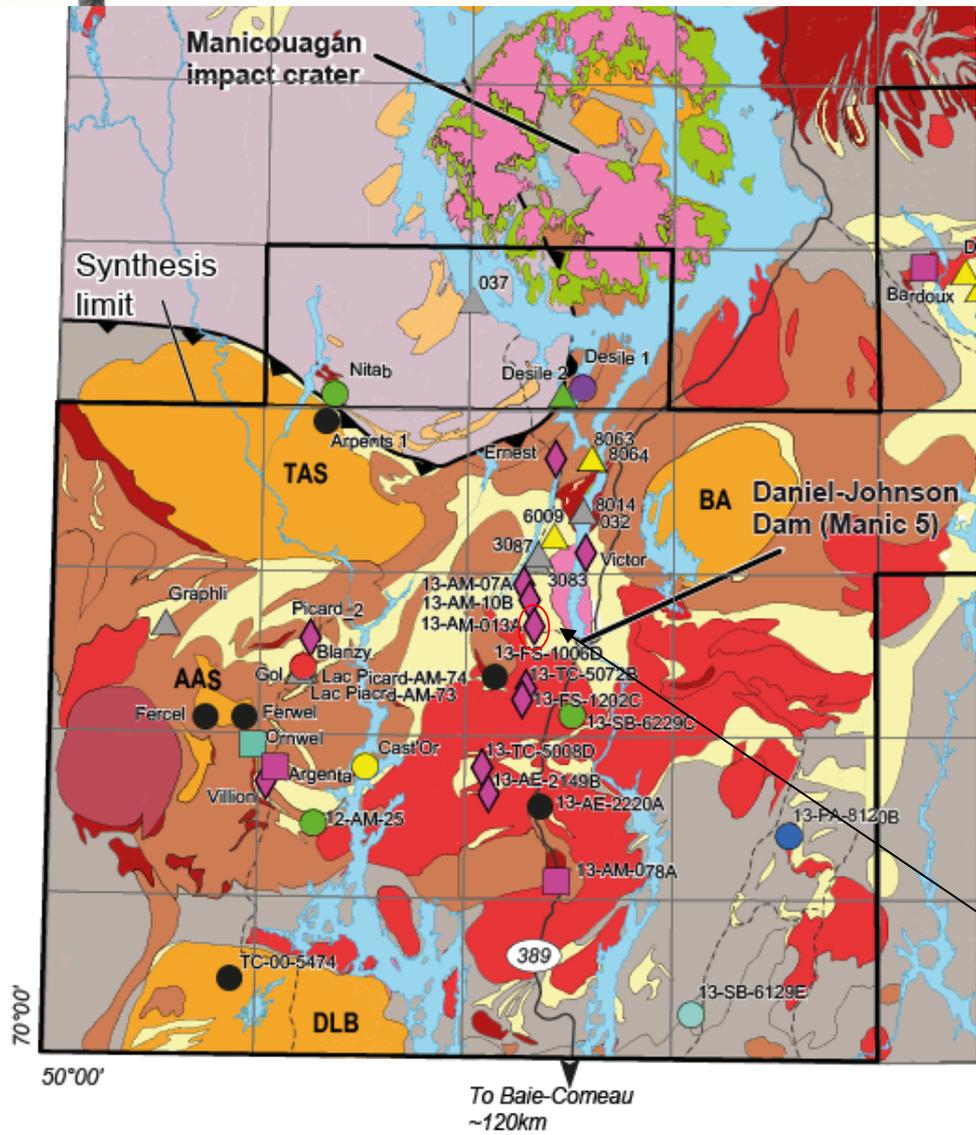
Données Maîtrise P-A. Groulier (2013)

Ressources minérales

Mesurées et indiquées : 25,4 Mt à 0,19 % Nb_2O_5 et 234 ppm Ta_2O_5

inférées : 15,4 Mt à 0,17 % Nb_2O_5 et 252 ppm Ta_2O_5

Minéralisations en REE dans des pegmatites blanches



- Monzonite, monzonite quartzifère
- Mangérite (monzonite à orthopyroxène)
- Syénite, syénite quartzifère
- Granite, charnockite
- Métasédiments
- Groupe de Gagnon
- Gabbro, norite, gabbronorite
- Suite anorthositique

- Gneiss indifférenciés
- Volcanites indifférenciées
- Tonalite archéenne
- Chevauchement
- Route
- Chemin en gravier

13-AM-013

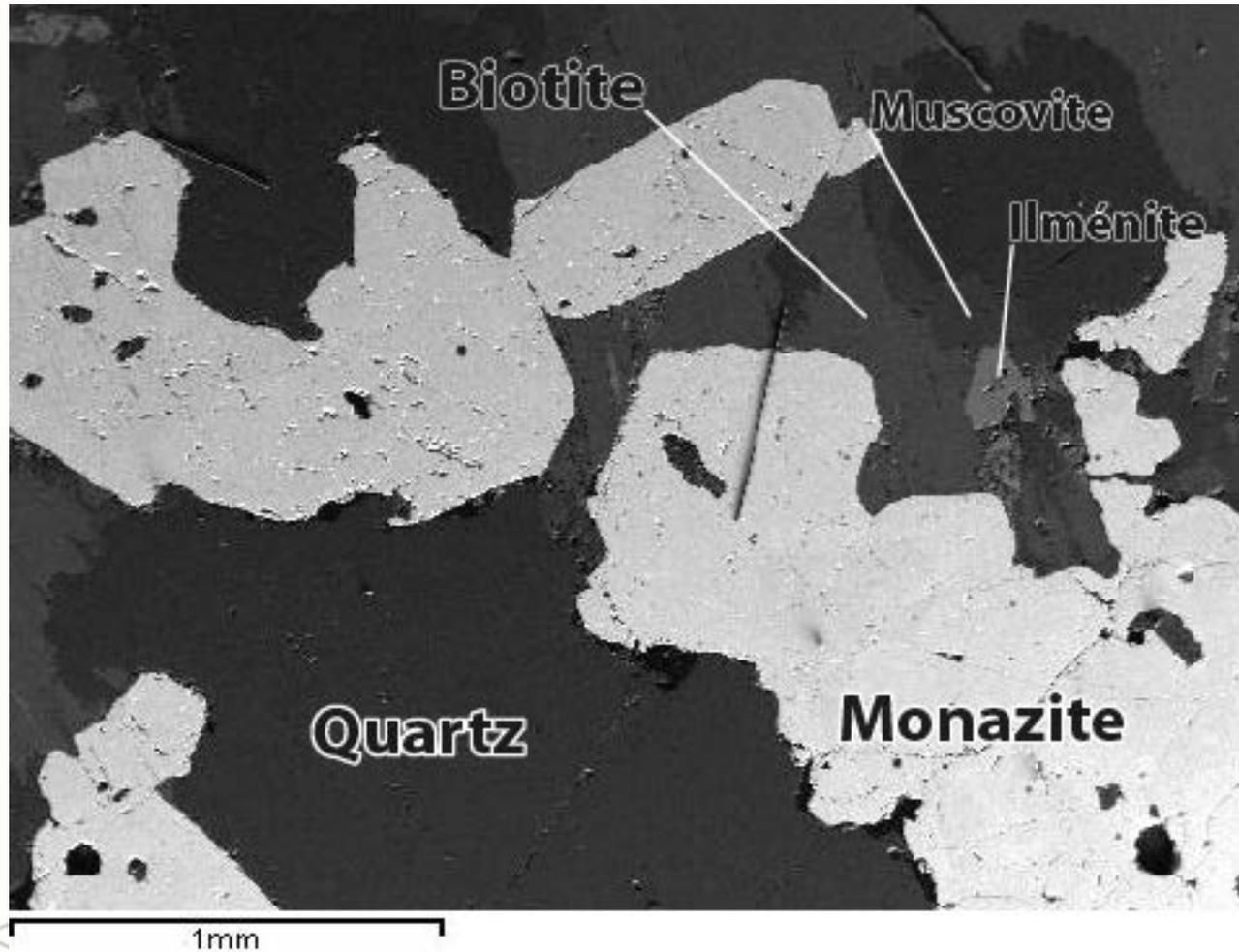
Minéralisation en REE dans des pegmatites blanches



6513 ppm LREE, (1120 ppm Nd, 3230 ppm Ce, 1660 ppm La),
1130 ppm Th et 2980 ppm Zr)

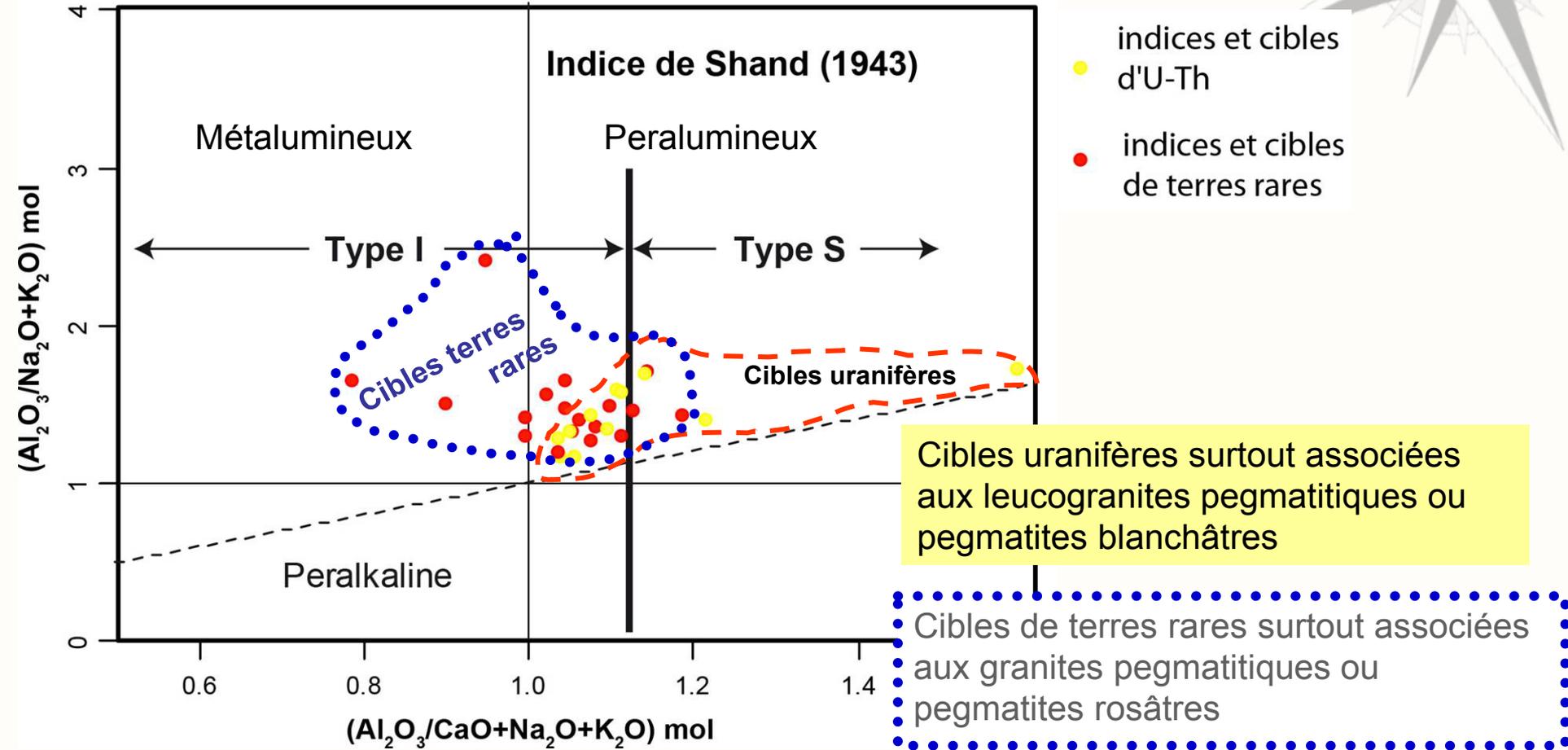
Minéralisation en REE dans la Monazite

13-AM-013



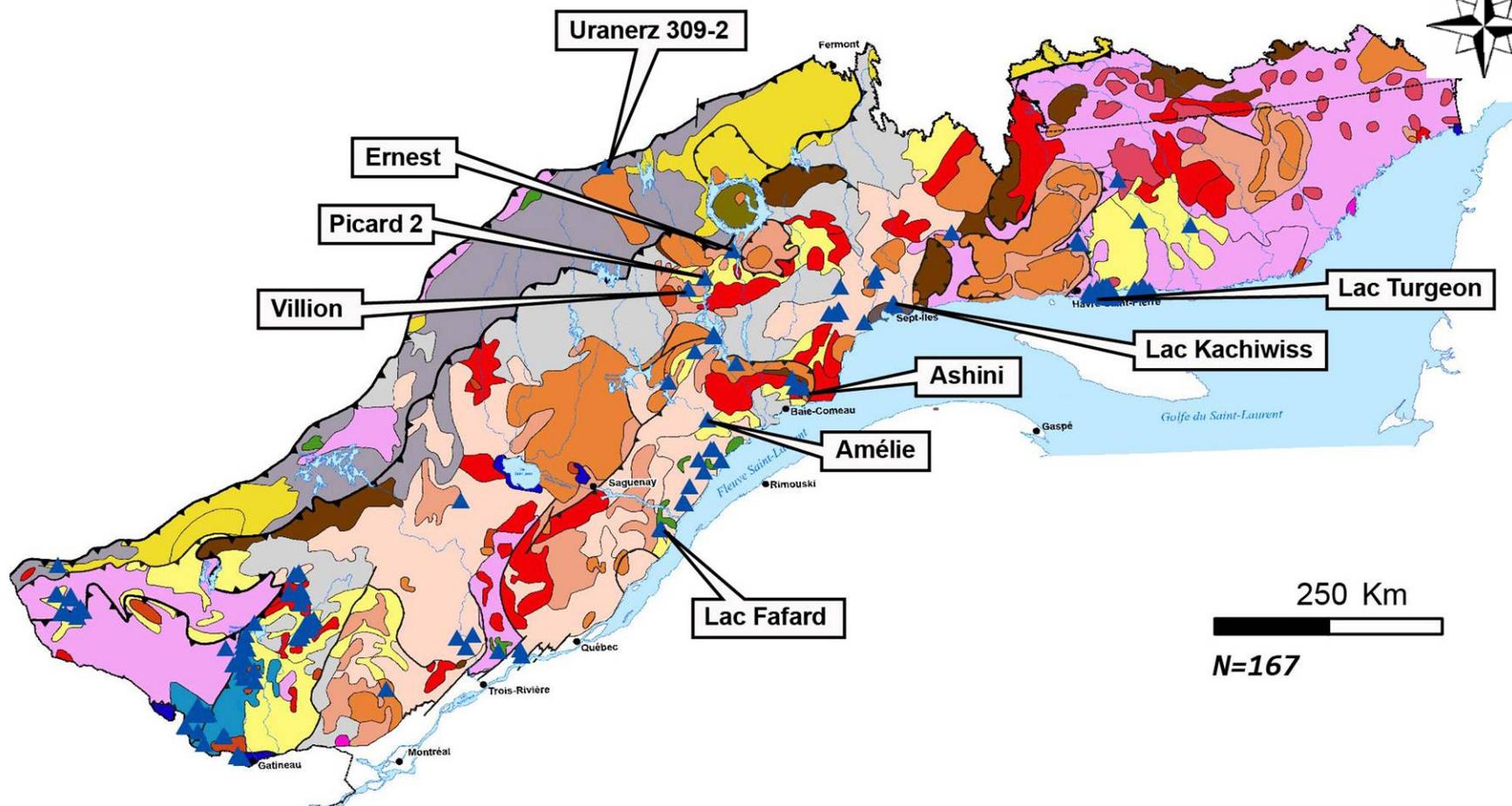
Géochimie : indices terres rares et U-Th

Grenville Central



Minéralisation en uranium et thorium

Moratoire sur l'uranium (exploration - exploitation)



La Province de Grenville contient un grand nombre d'indice d'uranium (type magmatique) et sont surtout associés aux granites et pegmatites injectés dans des roches métasédimentaires (Type Rössing)

Ressources
naturelles

Québec



Remerciements

Johanne Jobidon et Gabriel Morin (MRN) : Graphisme

Saïd Belkacim MRN/ URSTM-UQAT : préparation des cartes de gîtes

Serge Perreault (SOQUEM INC).
Arianne Phosphate
MDN

Ressources
naturelles

Québec 