

Potentiel en minéralisations de métaux rares des suites granitoïdes de la région Saguenay-Lac-St-Jean/Haute-Côte-Nord

Projet Consorem : 2011-03

Benoit Lafrance, géo, Ph.D.

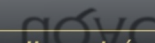
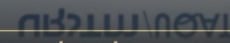
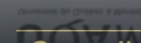
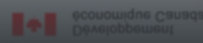
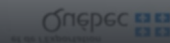
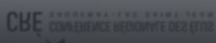
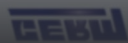
Gîtes Magmatiques dans la Province de Grenville

Conférences Consorem
18 février 2014, UQAM

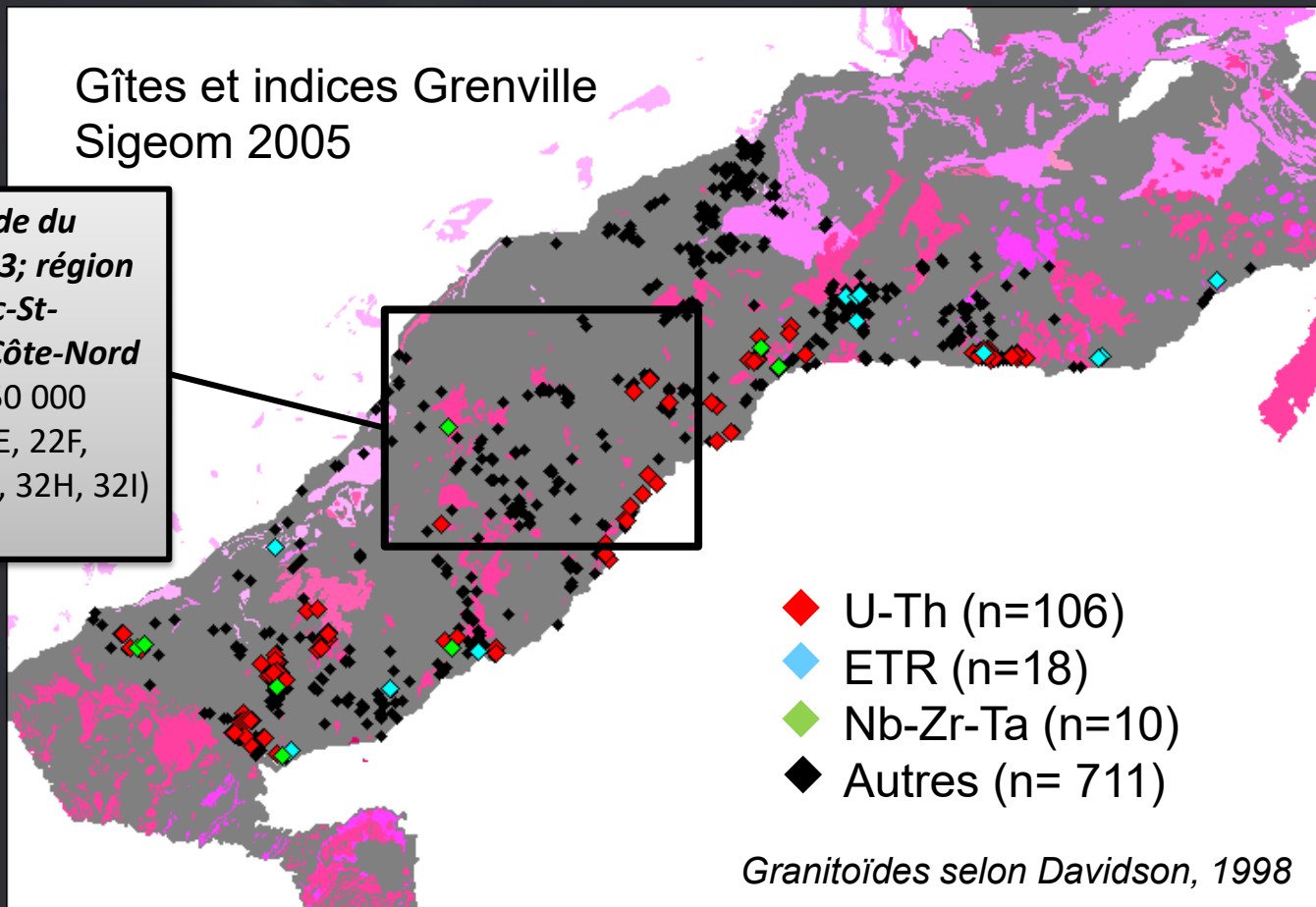


*Pegmatite à spodumène, Projet Pontax-Lithium
www.strialithium.com*

ALEXIS



Le Grenville contient plusieurs indices des substances recherchées qui pourraient être associées aux granitoïdes



Le potentiel est probablement très sous évalué en regards du volume important de granitoïdes !

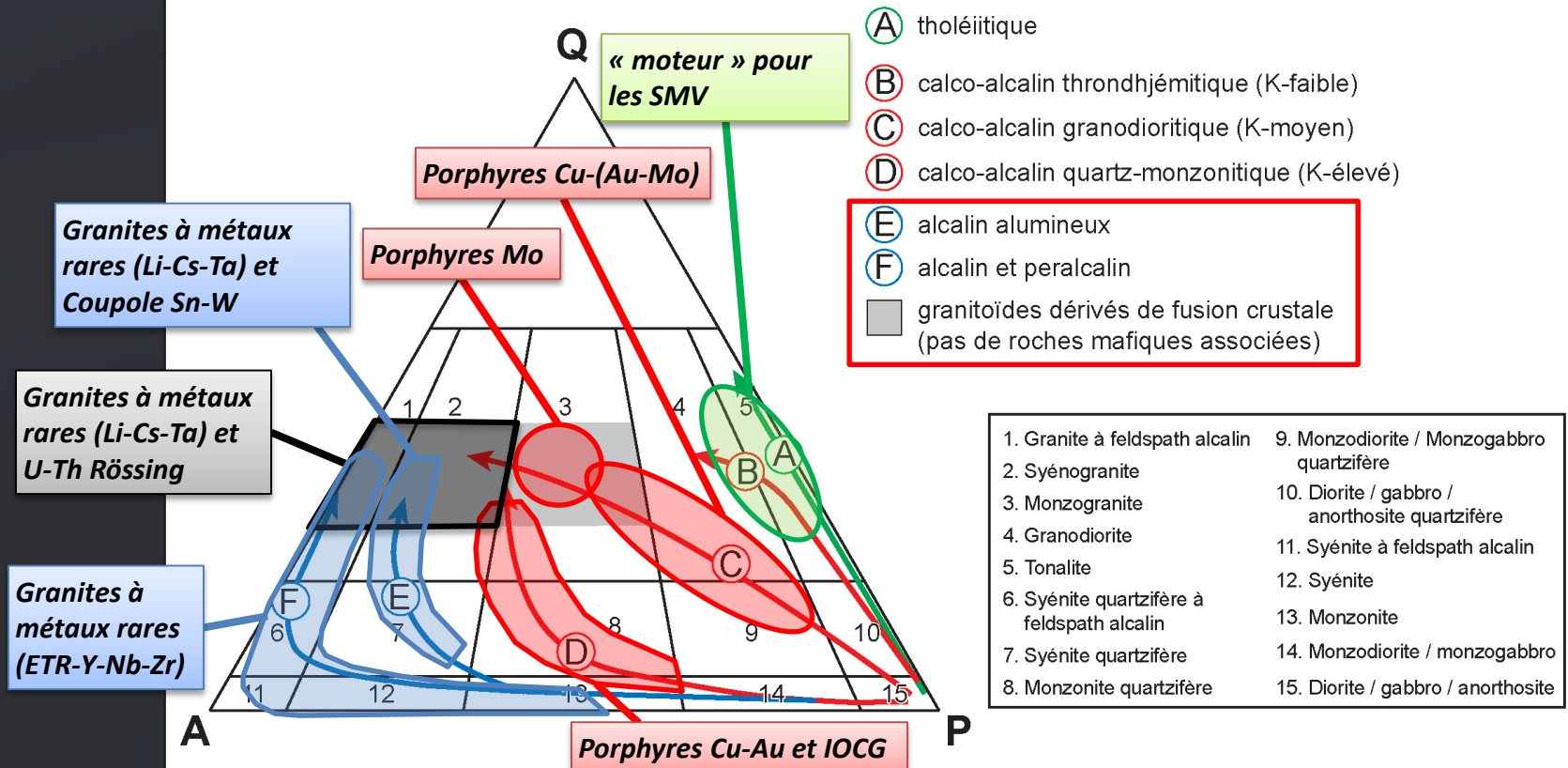
Problématique

- *La Province de Grenville contient de nombreuses suites de granitoïdes d'âge et de compositions variées associées au magmatisme et au métamorphisme*
- *Quelles suites sont favorables aux minéralisations en éléments des terres-rares (ETR) et métaux rares (Zr, Nb, Y, Ta, Li, Cs, P, Sn, Be) ?*
- *Le niveau d'information géologique est très hétérogène pour le Grenville*
- *Quelles métallotectes choisir pour ces types de gîtes?*

Comment explore-t-on pour les gîtes magmatiques qui nous intéressent?

Il existe des affiliations entre les différentes suites magmatiques et certains types de minéralisation

"Correspondance" entre les suites magmatiques de *Lameyre et Bowden (1982)* et les minéralisations associées aux granitoïdes



Méthodologie

Classification des suites magmatiques associées aux ETR et métaux rares

L'approche par la lithogéochimie est la plus efficace mais est limitée aux échantillons disponibles (pas systématique à chaque affleurements visités)

Par contre la description pétrographique et minéralogique des granitoïdes est beaucoup plus systématique (chaque affleurement visité)

- Lors des projets de cartographie (même les travaux plus anciens)*
- Dans les synthèses régionales*

Il serait donc souhaitable d'avoir une approche qui combine la minéralogie/pétrographie (plus grande couverture) et la lithogéochimie (plus discriminant) lorsque disponible.

Objectifs

1. *Caractériser et classifier les suites granitoïdes du Grenville*
2. *Identifier les secteurs favorables pour les minéralisations associées aux granitoïdes en :*
 1. *Terres-rares*
 2. *Métaux rares (Zr, Nb, Ta, Li, Sn, Cs, Be, Y, Ga, F,...)*

Plan

1. *Résumé des types de minéralisations à métaux rares associées aux granitoïdes*

2. *Classification des suites granitoïdes du Grenville*
 - 2.1 *Mise à jour de la géologie*
 - 2.2 *Approche minéralogique*
 - 2.3 *Approche lithogéochimique*
 - 2.4 *Identification des analyses favorables*

3. *Secteurs de favorabilité pour les minéralisations:*
 - 3.1 *Li-Cs-Ta associées aux granitoïdes alumineux et pegmatites (LCT) hyperalumineux*
 - 3.2 *Terres-rares, Y, Nb, Zr associées aux granitoïdes alcalins et hyperalcalins*

En résumé :

1. Granites à métaux rares

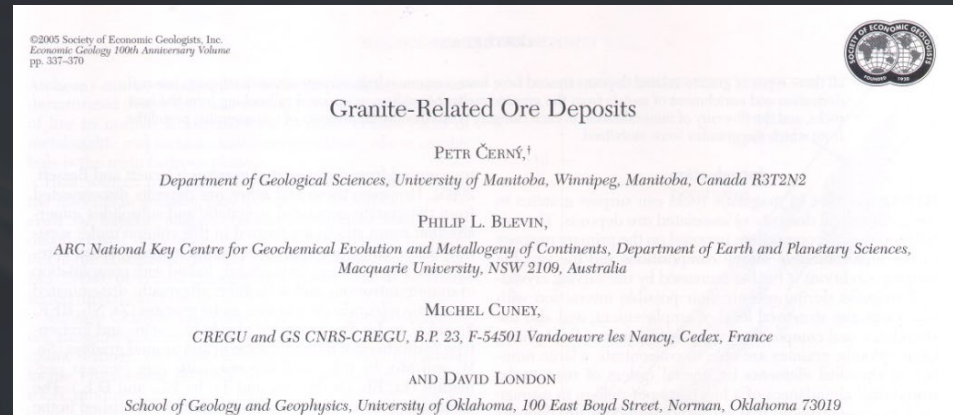
1.1 Hyperalcalins
(Zr, Nb, ETR, U-Th)

1.2 Hyperalumineux
(Li, Ta, Sn, Nb)

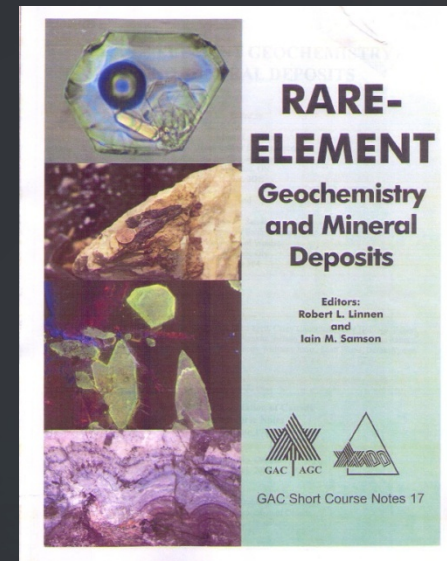
2. Pegmatites granitiques à métaux rares

2.1 NYF (Nb, Y, ETR, F,..)

2.2 LCT (Li, Cs, Ta, Sn,..)



Cerny et al., 2005, EG 100th Anniversary Volume



GAC short course 17, 2004

1.1 Granites hyperalcalins

- Souvent des complexes annulaires et/ou zonés

*Ex. Strange Lake,
Labrador/Québec, Quest
Rares Minerals*

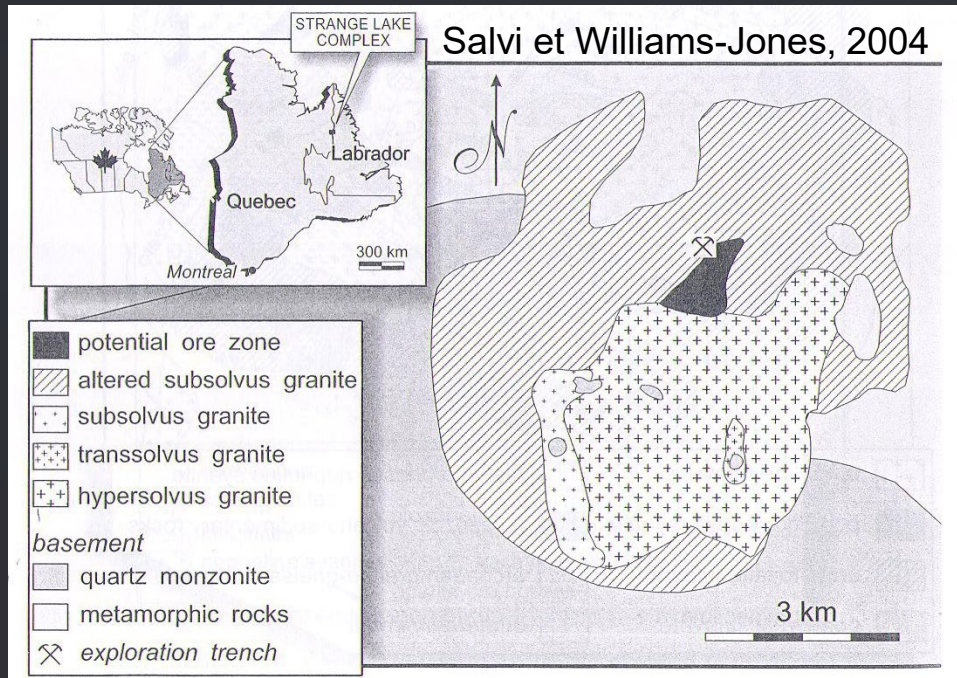
[www.mineralatlas.com/courtesy Tom Loomis](http://www.mineralatlas.com/courtesy_Tom_Loomis)



*Granites à aegirine et
arfvedsonite avec pegmatites*

36.4 M/t @ 1,16% ETR,
2,17% ZrO₂,
0,24% Nb₂O₅,
0,12% BeO
(ressources 2010)

*Une des plus grande
réserve de terres-rares
lourdes*

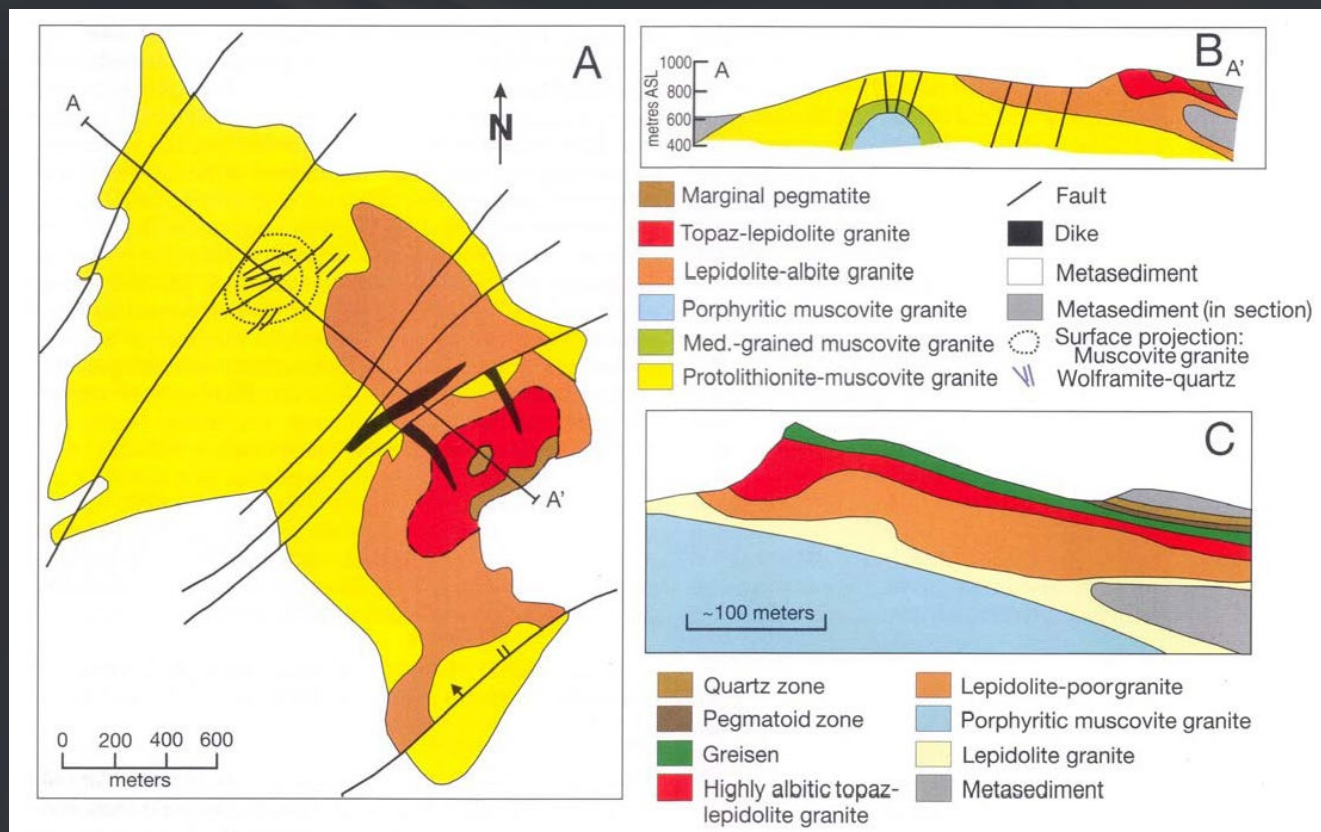


1.2 Granites hyperalumineux

Souvent des complexes zonés et lités felsiques avec pegmatites associées

Ex. Gisement de Ta-Nb-Li de Yishun, Chine

Colombite-tantalite, microlite et cassitérite-Ta disséminés dans le granite à muscovite-topaz-lépidolite



Cerny et al., 2005, Yin et al., 1995

2) Pegmatites granitiques à métaux rares

2.2 Type LCT (Li-Cs-Ta):

Greenbushes,
Australie,
Talison Lithium

28 M/t @ 0,11% Sn,

0,043% Ta₂O₅,

0,031% Nb₂O₅

33,5 Mt @ 2,55%

Li₂O



www.geo.utexas.edu/courses/381r/Western%20Aus...



**Moblan, Ceinture
de Troilus,
Soquem et Perylia**

5.3 million tonnes @ 1,5% Li₂O
(présumée, NI 43-101)

Plan

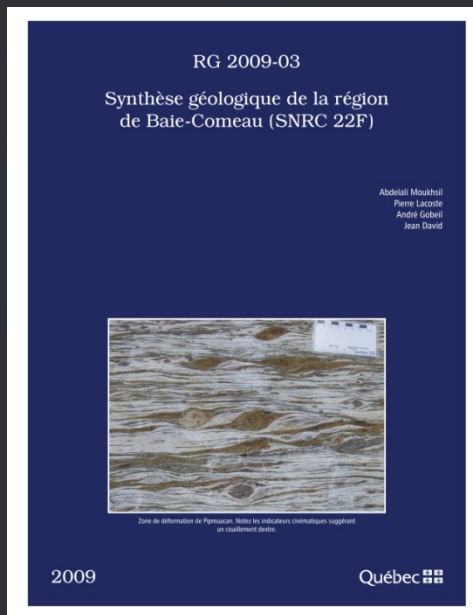
1. *Résumé des types de minéralisations à métaux rares associées aux granitoïdes (présenté en septembre et novembre)*

2. *Classification des suites granitoïdes du Grenville*
 - 2.1 *Mise à jour de la géologie*
 - 2.2 *Approche minéralogique*
 - 2.3 *Approche lithogéochimique*
 - 2.4 *Identification des analyses favorables*

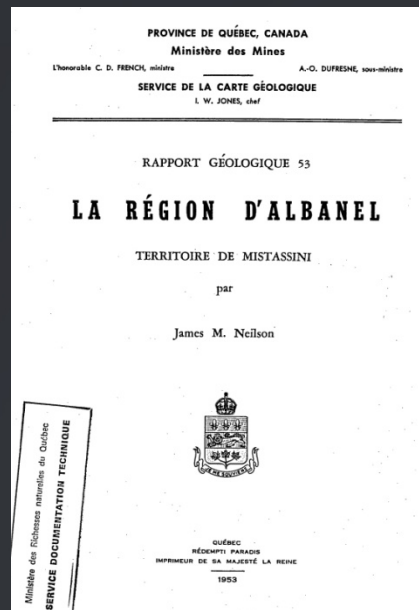
3. *Secteurs de favorabilité pour les minéralisations:*
 - 3.1 *Li-Cs-Ta associées aux granitoïdes (MPG et CPG) et pegmatites (LCT) hyperalumineux*
 - 3.2 *Terres-rares, Y, Nb, Zr associées aux granitoïdes alcalins et hyperalcalins (PAG)*

Compléter la compilation géologique et lithogéochimique (SIGEOM, rapports MRNF, articles scientifiques)

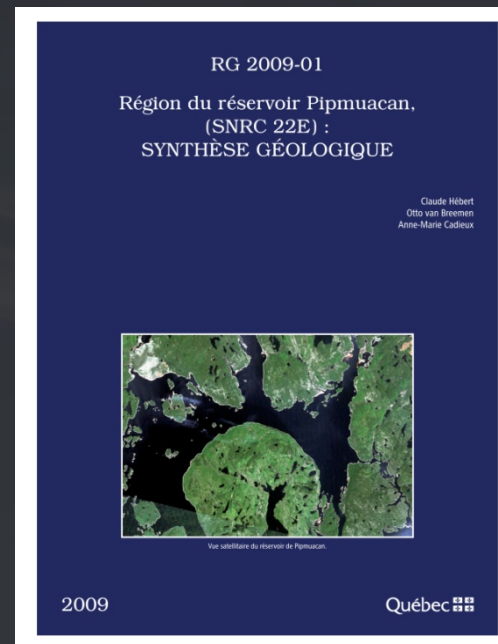
Il faut retourner aux descriptions minéralogiques, pétrographiques et chronologiques dans les documents synthèses, les articles, etc., puisque le niveau de détails nécessaire au projet est hétérogène dans les banques de données



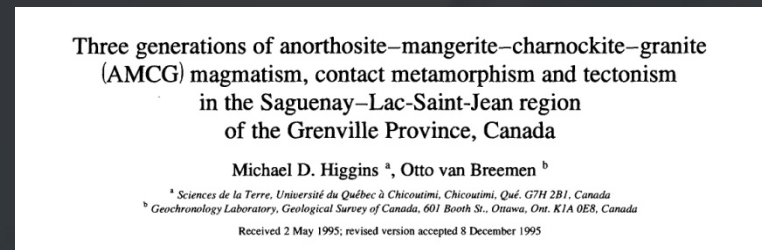
Feuillet 22F
Moukhsil et al., 2009



Lac Albanel
Neilson, 1953



Feuillet 22E
Hébert et al., 2009

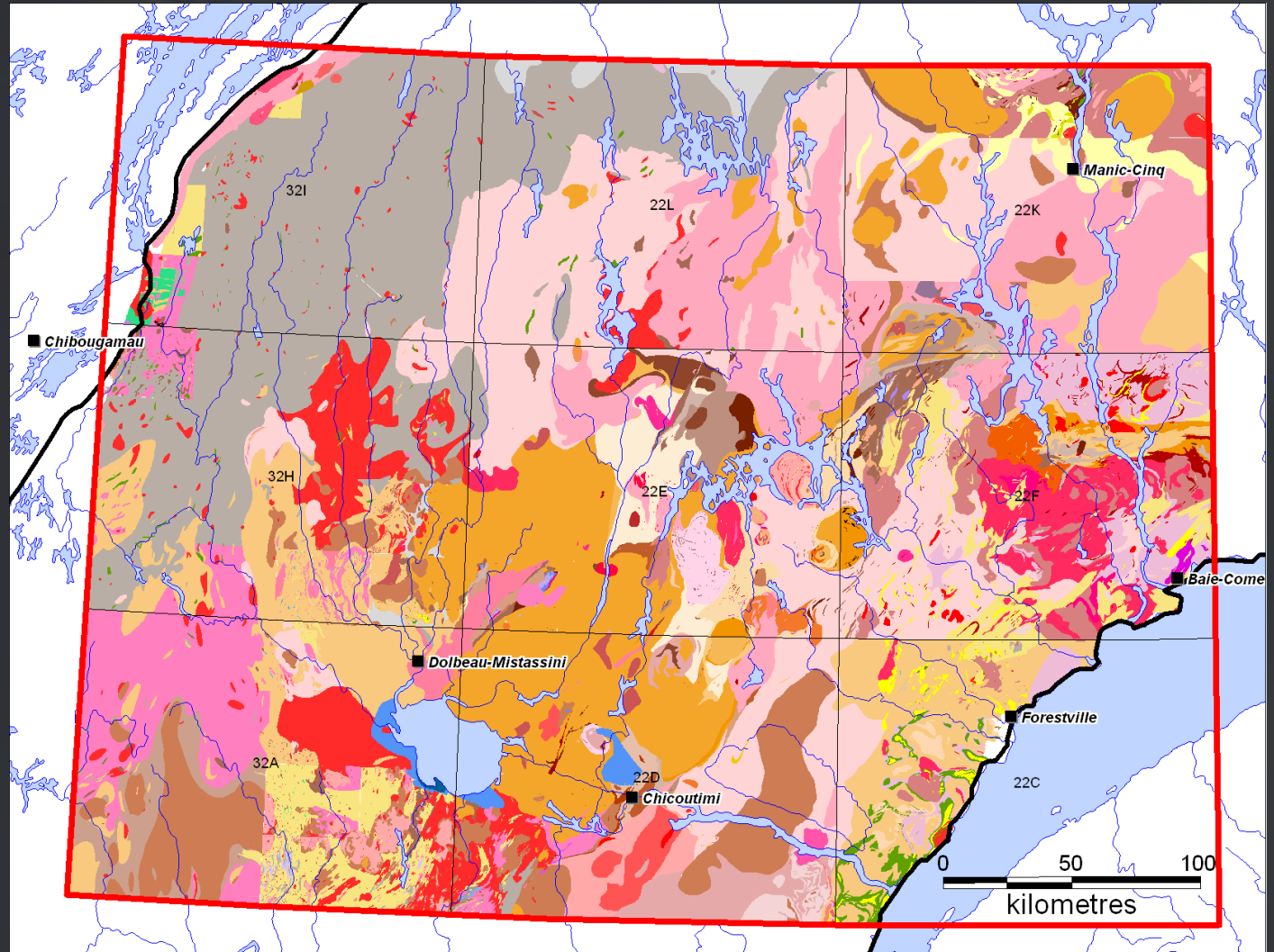


Higgins et van Breemen, 1996

Compilation et mise à jour de la géologie (SIGEOM, rapports du MRNF, articles scientifiques)

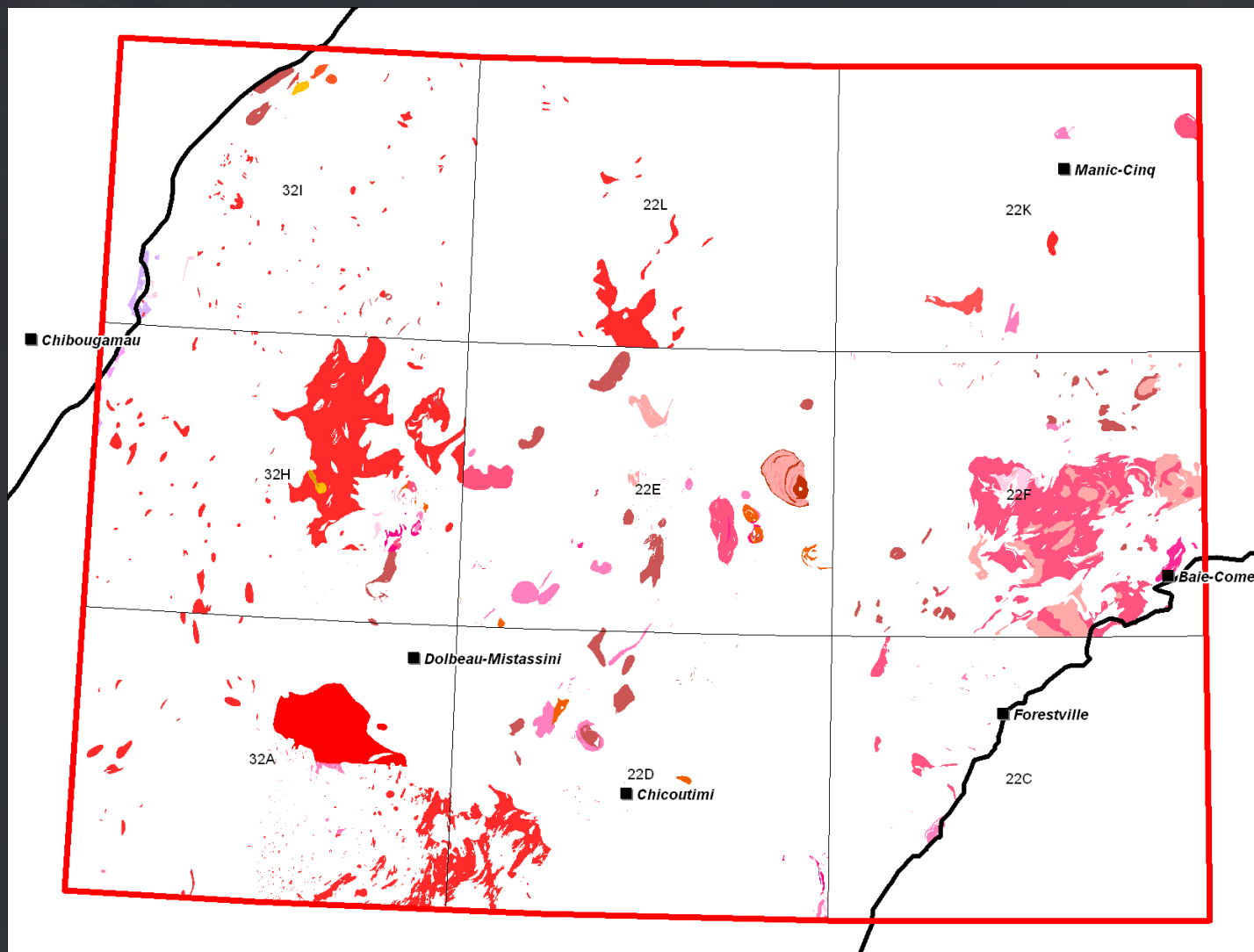
Extraction des couches:

- 1) Suites AMCG
- 2) Granitoïdes



Couche des granitoïdes

- *Roches gneissiques non retenues sauf exceptions*
- *Peu de tonalite-granodiorite*
- *Beaucoup de Monzo et syéno-granite*
- *Granite à feldspaths alcalins*
- *Monzonite à qtz*
- *Monzonite-syénite*
- *Aussi des roches sous-saturées à néphéline*



Modifié du SIGEOM 2009

Plan

1. *Résumé des types de minéralisations à métaux rares associées aux granitoïdes (présenté en septembre et novembre)*

2. *Classification des suites granitoïdes du Grenville*
 - 2.1 *Mise à jour de la géologie*
 - 2.2 *Approche minéralogique*
 - 2.3 *Approche lithogéochimique*
 - 2.4 *Identification des analyses favorables*

3. *Secteurs de favorabilité pour les minéralisations:*
 - 3.1 *Li-Cs-Ta associées aux granitoïdes (MPG et CPG) et pegmatites (LCT) hyperalumineux*
 - 3.2 *U-Th associées aux leucogranites (alaskites) de type Rössing*
 - 3.3 *Terres-rares, Y, Nb, Zr associées aux granitoïdes alcalins et hyperalcalins (PAG)*

Classification des Granitoïdes en 7 types de Barbarin, 1999

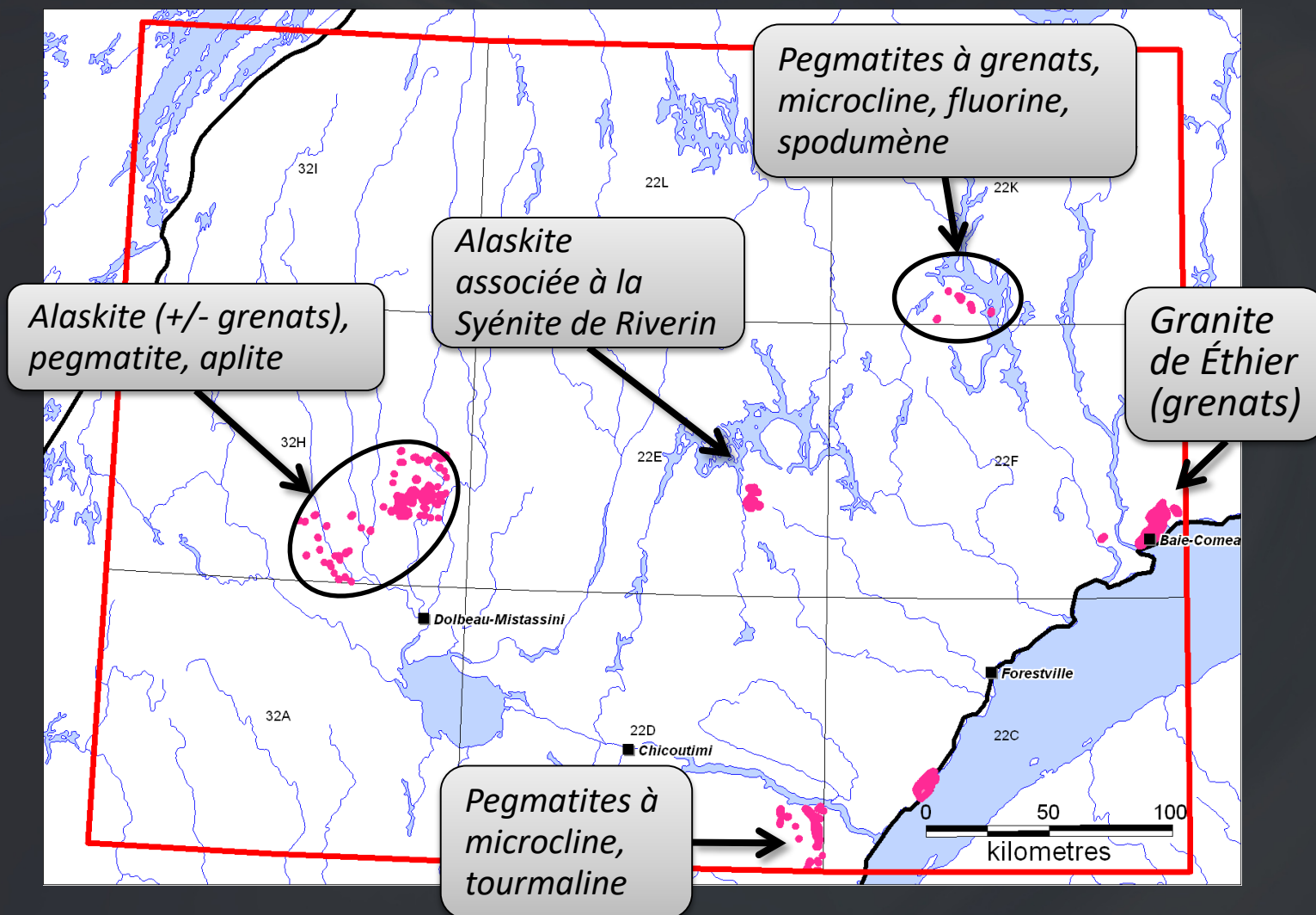
Critères minéralogiques et pétrographiques : l'absence ou la présence de certains minéraux est discriminant

| | Peralumineux à muscovite | Peralumineux à cordiérite | Calco-alcalins riche en K (pauvre en Ca) | Calco-alcalins à amphiboles (riche en Ca, pauvre en K) et tholéiites d'arc | Tholéiitiques de ride océanique | Peralcalins et alcalins |
|------------|--------------------------|---------------------------|--|--|---------------------------------|-------------------------|
| MINERALS | MPG | CPG | KCG | ACG ATG | RTG | PAG |
| Biotite | x | x x x | x x x | x x | x | x x |
| Muscovite | x x x | x | x | o | o | x |
| Cordierite | o | x x | o | o | o | o |
| Sill.-And. | o | x | o | o | o | o |
| Amphibole | o | o | x | x x x | x x x | alk. amph. |
| Pyroxene | o | o | o | x x | x x | alk. pyr. |
| Apatite | x x x | x x x | x x | x x | x x | x x |
| Zircon | x | x x | x x x | x x x | x x x | x x x |
| Monazite | x | x | o | o | o | o |
| Garnet | x x | x | o | o | o | x |
| Tourmaline | x x x | x x | o | o | o | o |
| Allanite | o | x | x x | x x | x | x x |
| Titanite | o | o | x x | x x x | x | x |
| Ilmenite | x | x | x | x | x | x x |
| Magnetite | o | o | x | x x | x x | x x |
| Plag.-An% | 0 - 20 | 15 - 40 | 15 - 30 | 20 - 50 | 20 - 50 | 0 - 10 |

(o : absent; x : rare; xx : common; xxx : abundant)

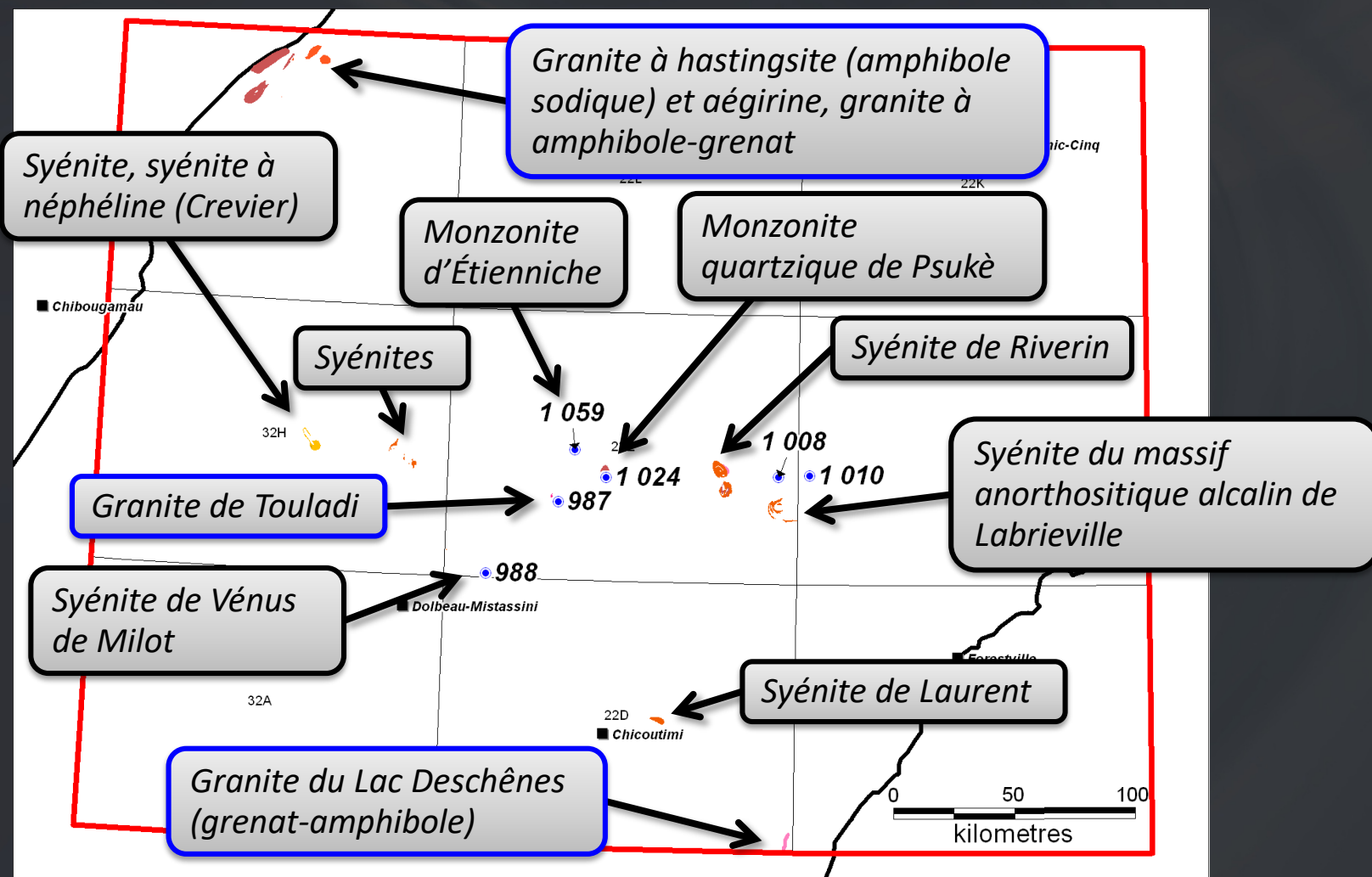
Couche granitoïdes type MPG (favorable Li-Cs-Ta-U-Th)

- *Hyperalumineux à muscovite, grenat, microcline; riche en Al, pauvre en Ca*
- *Les leucogranites (alaskite) ont été assignés à ce groupe (<5% de ferromagnésiens)*



Couche granitoïdes type PAG (ETR-Y-Nb-Zr)

Alcalin et hyperalcalin à amphiboles et pyroxènes alcalins, +/- grenats; riche en Na et K, pauvre en Ca et Al



Plan

1. *Résumé des types de minéralisations à métaux rares associées aux granitoïdes (présenté en septembre et novembre)*

2. *Classification des suites granitoïdes du Grenville*
 - 2.1 *Mise à jour de la géologie*
 - 2.2 *Approche minéralogique*
 - 2.3 *Approche lithogéochimique*
 - 2.4 *Identification des analyses favorables*

3. *Secteurs de favorabilité pour les minéralisations:*
 - 3.1 *Li-Cs-Ta associées aux granitoïdes (MPG et CPG) et pegmatites (LCT) hyperalumineux*
 - 3.2 *Terres-rares, Y, Nb, Zr associées aux granitoïdes alcalins et hyperalcalins (PAG)*

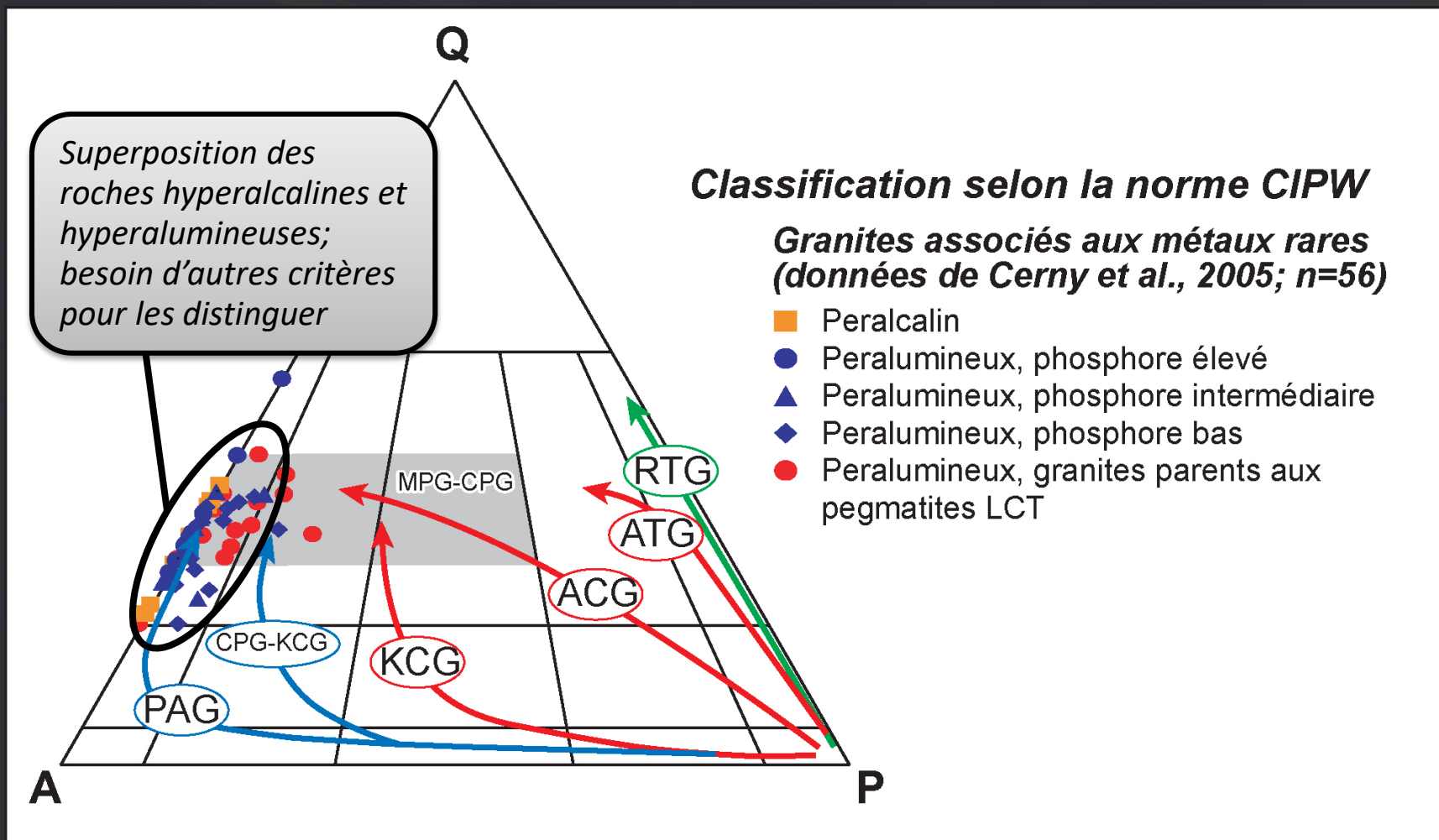
Utilisation de la bases de données d'analyses types pour les différents granites hyperalumineux et hyperalcalins à métaux rares de Cerny et al., 2005 (54 analyses), pour établir dans quels champs ils se retrouvent dans les différents diagrammes discriminants.

Diagrammes discriminants utilisés

(géochimie majeurs et traces lorsque disponible :

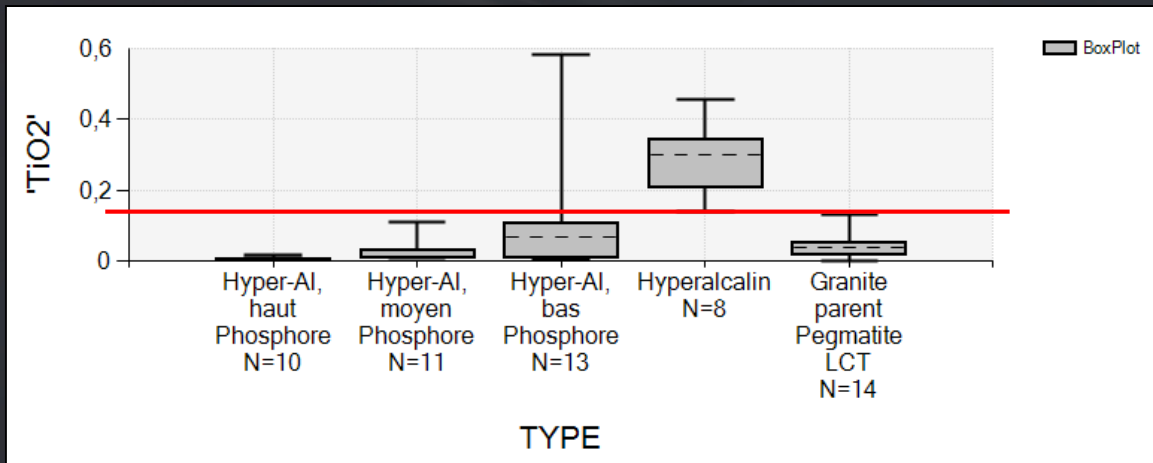
- 1. Norme CIPW*
- 2. Diagrammes QAP de Streickeisen avec norme CIPW*
- 3. Indices alumineux et alcalinité (ASI vs A/NK de Frost, 2001)*
- 4. Environnement tectonique (Pearce et al., 1984)*

Base de données pour granitoïdes hyperalumineux et hyperalcalins

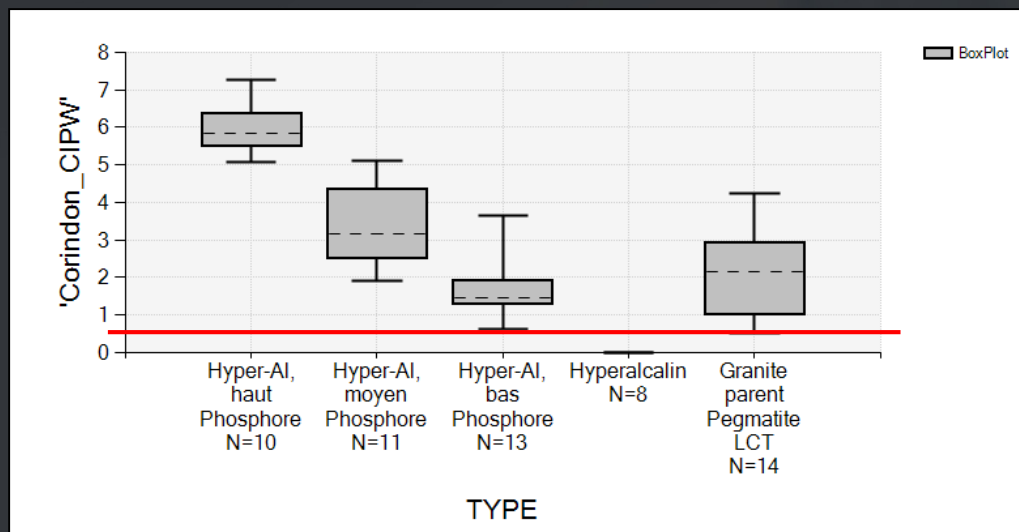


Granites à feldspath alcalins et syénogranites (PAG, CPG, MPG)

Base de données pour granitoïdes hyperalumineux et hyperalcalins



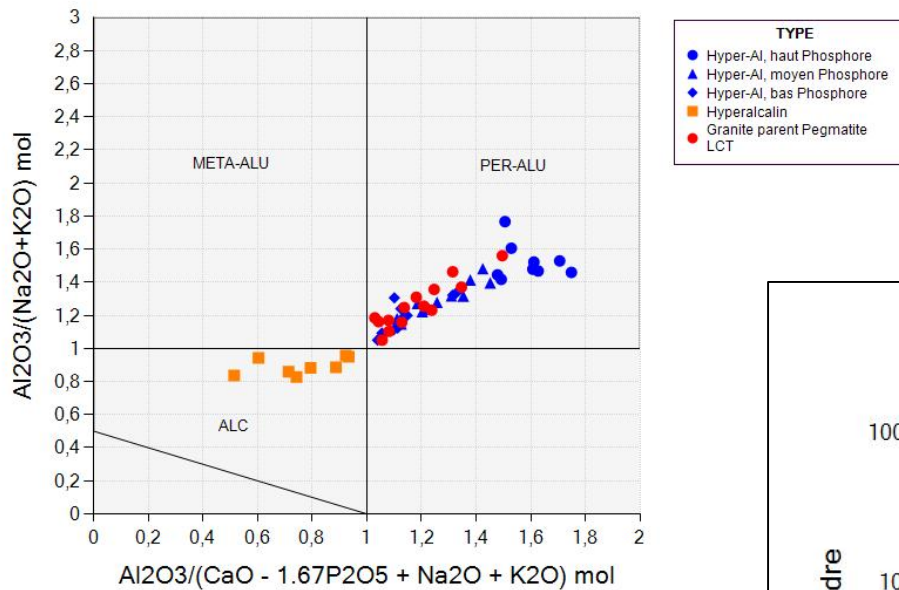
Hyperalumineux avec $TiO_2 < 0,15\%$



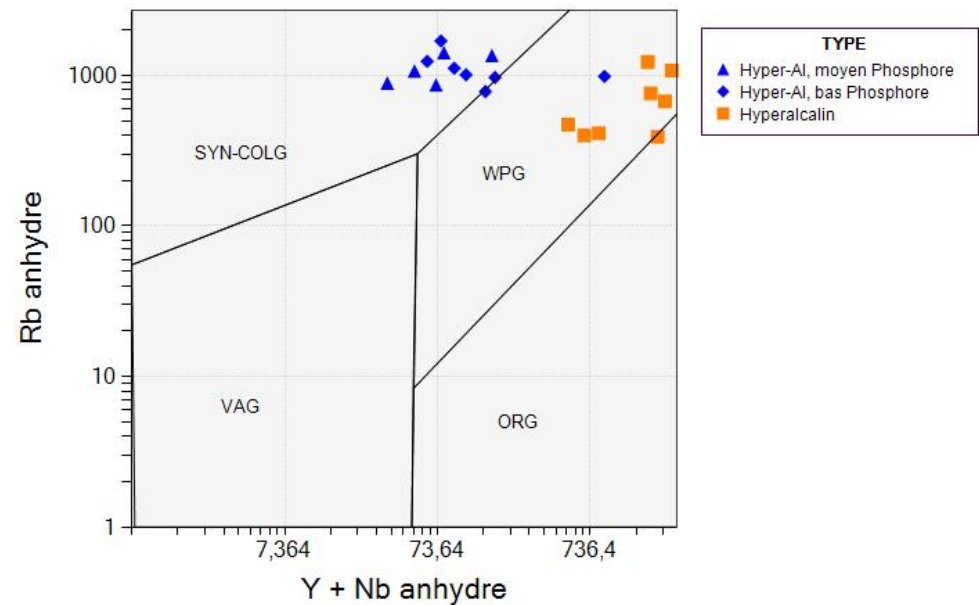
Hyperalumineux avec $> 0,5\%$ de corindon normatif

Base de données pour granitoïdes hyperalumineux et hyperalcalins

ASI vs A/NK (Frost et al., 2001) (Tempo) N=54



Y+Nb vs Rb (Pearce et al., 1984) N=20



Ce graphique s'applique aux granitoïdes seulement.

En résumé lithogéochimie

Granite Hyperalumineux (MPG et CPG)

- *Granite à feldspath alcalins et quelques syénogranites*
- *Corindon CIPW > 0,5%*
- *Pauvre en TiO₂ < 0,15%*
- *Hyperalumineux sur le diagramme ASI vs A/NK de Frost (2001)*
- *Champs des granites syn-collision sur le diagramme de Pearce et al. (1984)*

Granite Hyperalcalins (PAG)

- *Granite à feldspath alcalins*
- *Aégirine normative*
- *TiO₂ >0,2%*
- *Hyperalcalin sur le diagramme ASI vs A/NK de Frost (2001)*
- *Champs des granites intraplaques sur le diagramme de Pearce et al. (1984)*

Plan

1. *Résumé des types de minéralisations à métaux rares associées aux granitoïdes (présenté en septembre et novembre)*

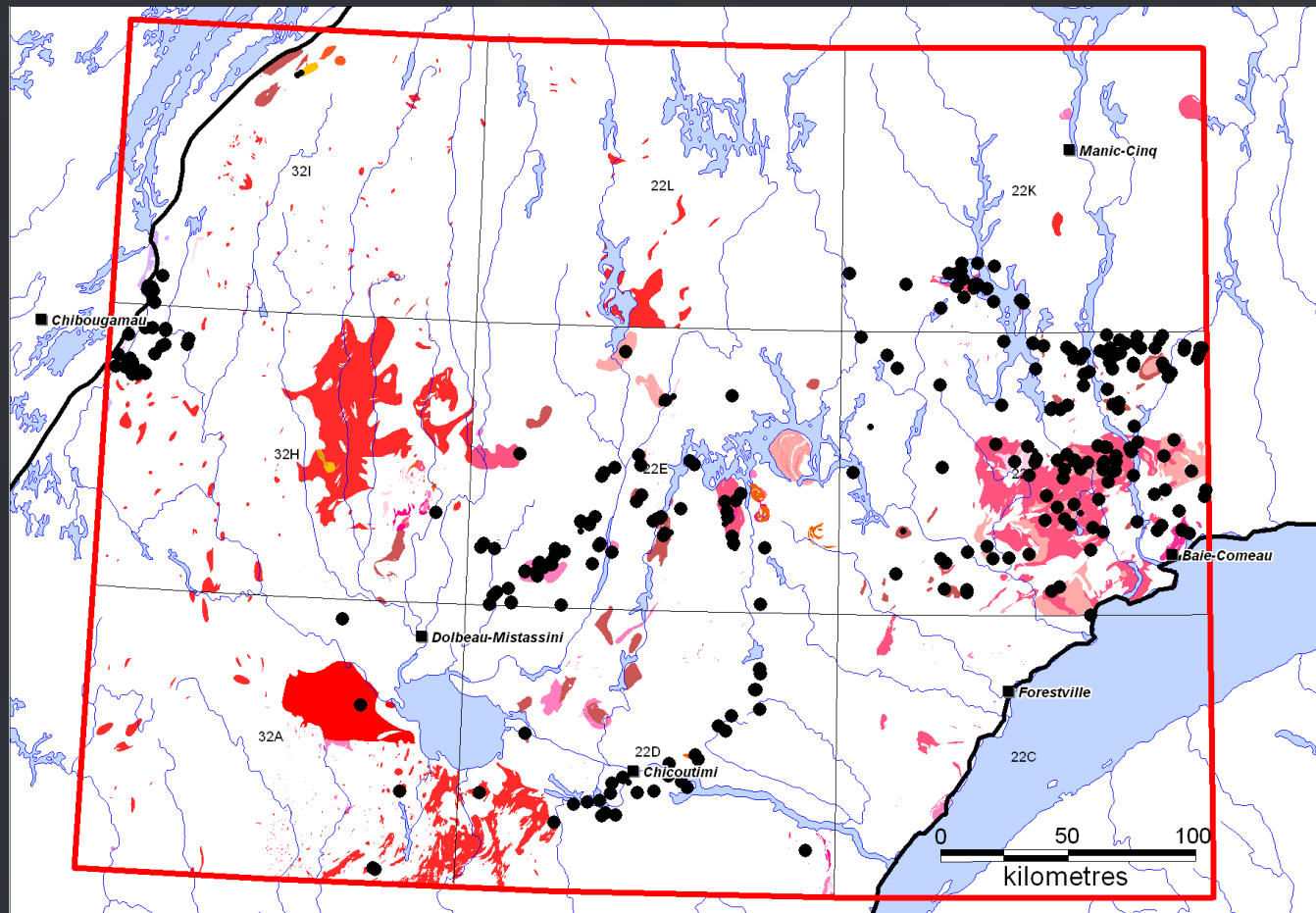
2. *Classification des suites granitoïdes du Grenville*
 - 2.1 *Mise à jour de la géologie*
 - 2.2 *Approche minéralogique*
 - 2.3 *Approche lithogéochimique*
 - 2.4 *Identification des analyses favorables*

3. *Secteurs de favorabilité pour les minéralisations:*
 - 3.1 *Li-Cs-Ta associées aux granitoïdes (MPG et CPG) et pegmatites (LCT) hyperalumineux*
 - 3.2 *Terres-rares, Y, Nb, Zr associées aux granitoïdes alcalins et hyperalcalins (PAG)*

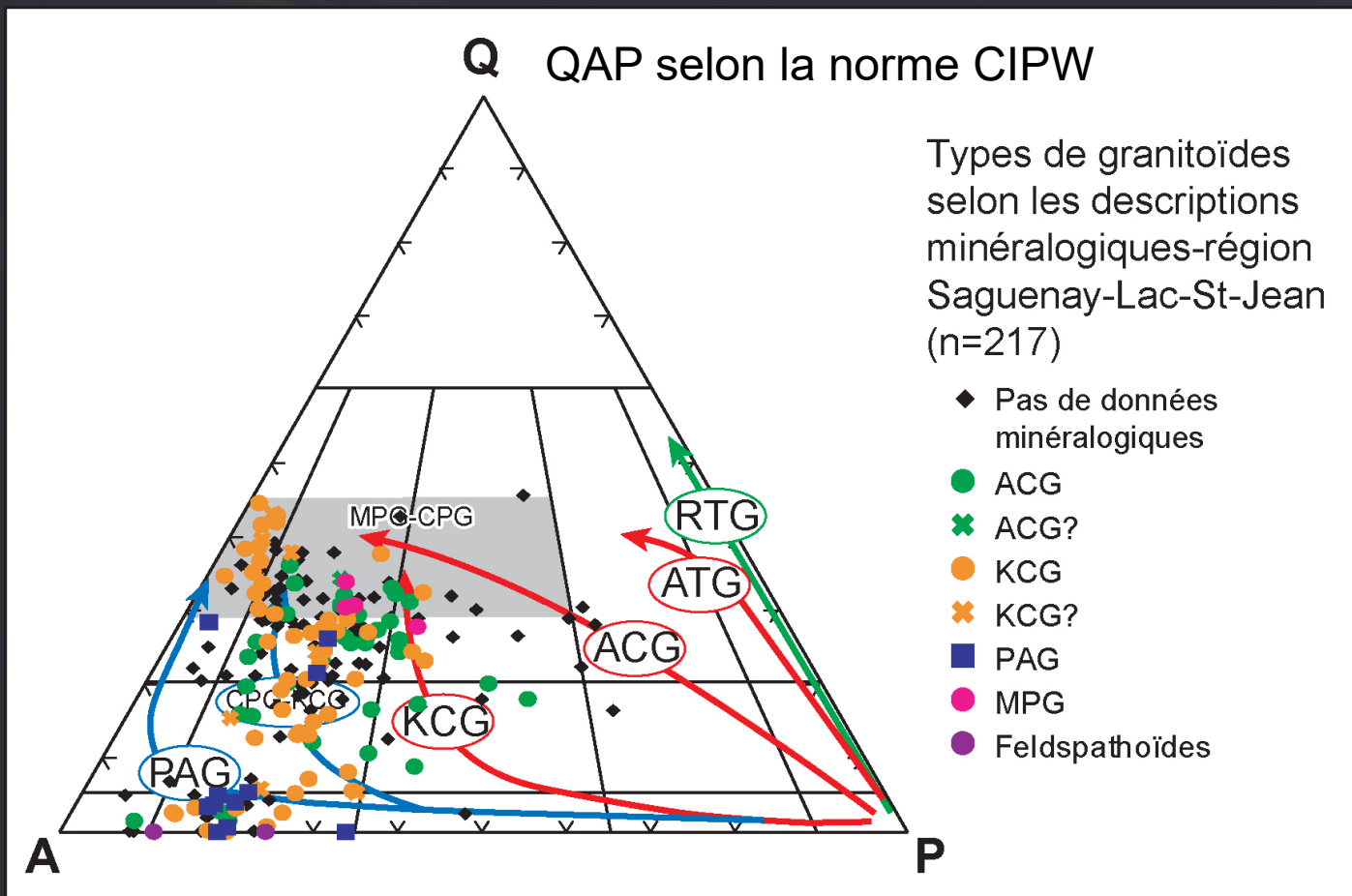
Identification des échantillons de types MPG, CPG et PAG dans la région d'études

Analyses de granitoïdes pour la région (description Sigeom; n=314)

Élimination des échantillons altérés avec Box Plot (Large et al., 2001, modifié Consorem 2009); reste 217 échantillons

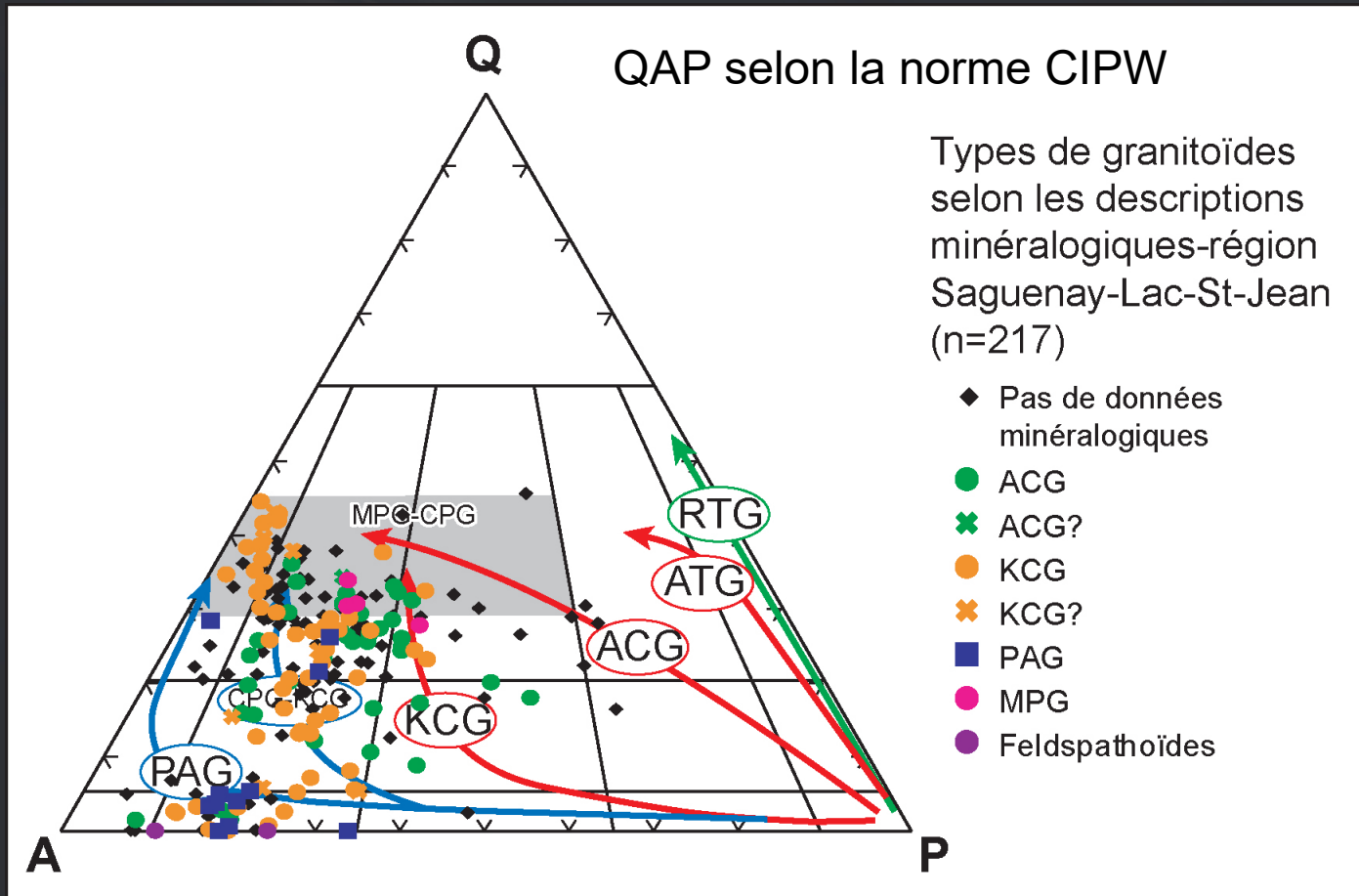


Identification des échantillons de types MPG, CPG et PAG dans la région d'études



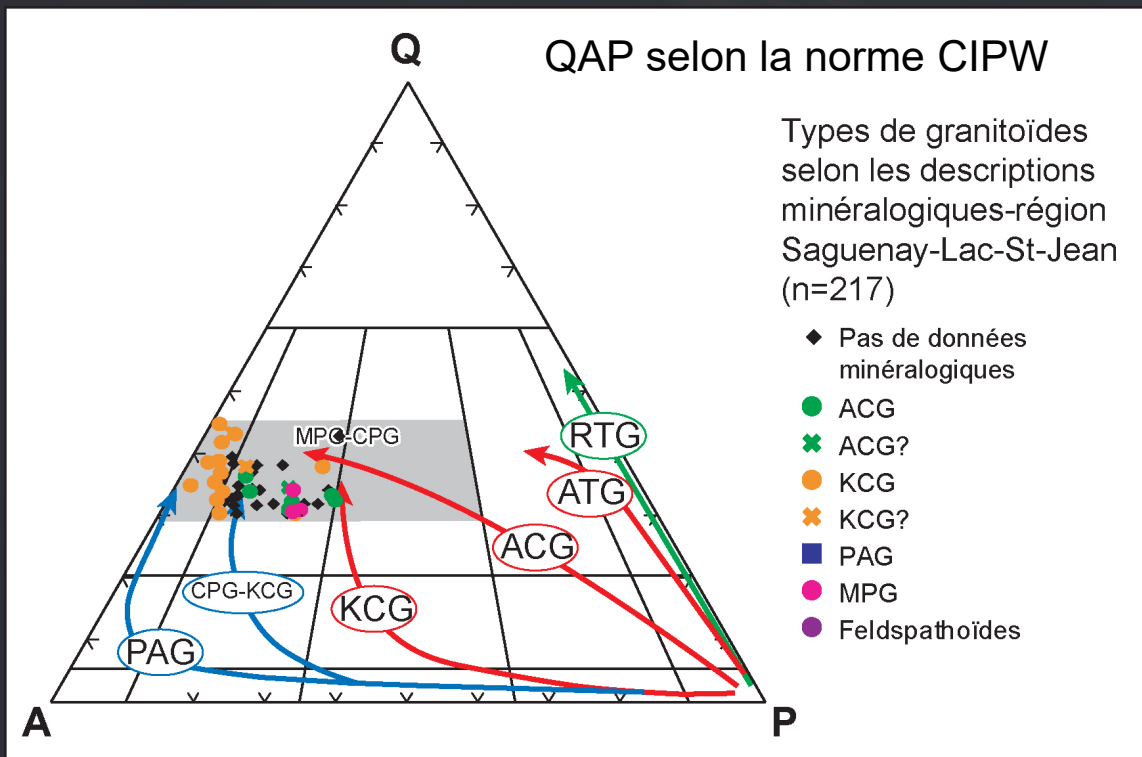
La concordance entre la classification basée sur la minéralogie et celle basée sur la norme CIPW est correcte pour les roches alcalines (PAG), les roches hyperalumineuses (MPG) et les roches à feldspathoïdes.

Identification des échantillons de types MPG, CPG et PAG dans la région d'études



La concordance est cependant moins bonne pour la suite KCG. Il semble qu'il n'y ait finalement que très peu de granitoïdes de la suite ACG. Probablement dû à la présence des pyroxènes qui sont d'origine métamorphique (charnockite, mangérite) plutôt qu'ignée.

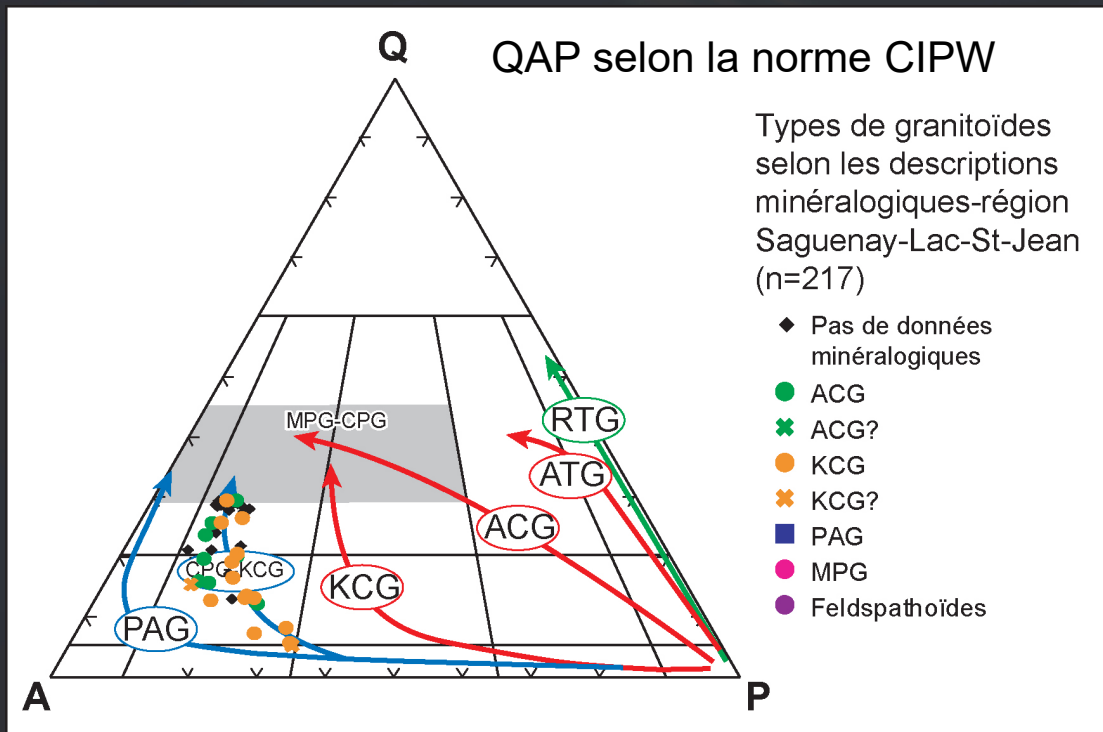
Identification des échantillons de types MPG



Conditions

1. Granite à feldspath alcalin et syénogranite
1. Corindon CIPW > 0,5%
2. TiO₂ < 0,15%
3. hyperalumineux sur le diagramme ASI vs A/NK (Frost, 2001)

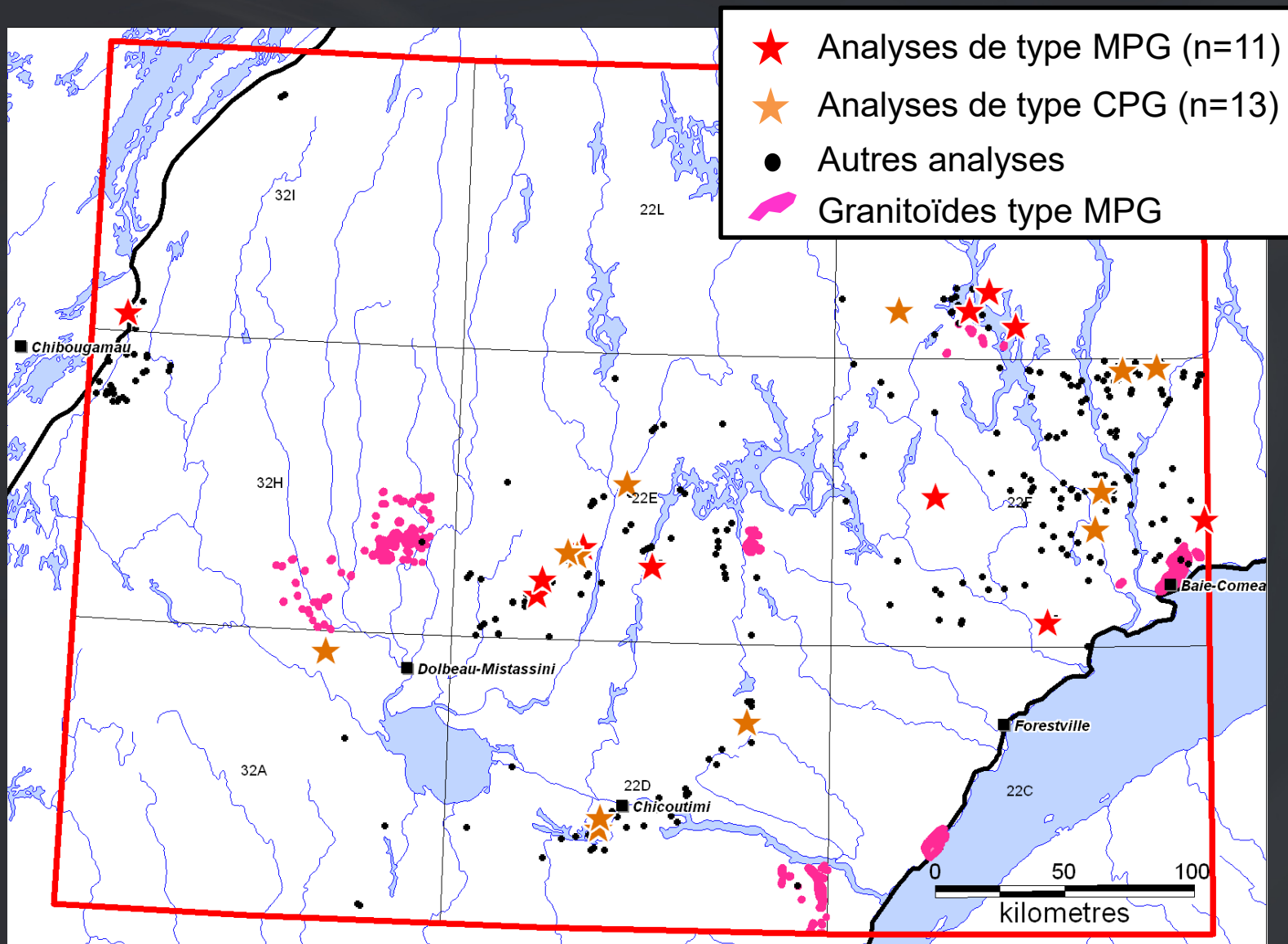
Identification des échantillons de types CPG



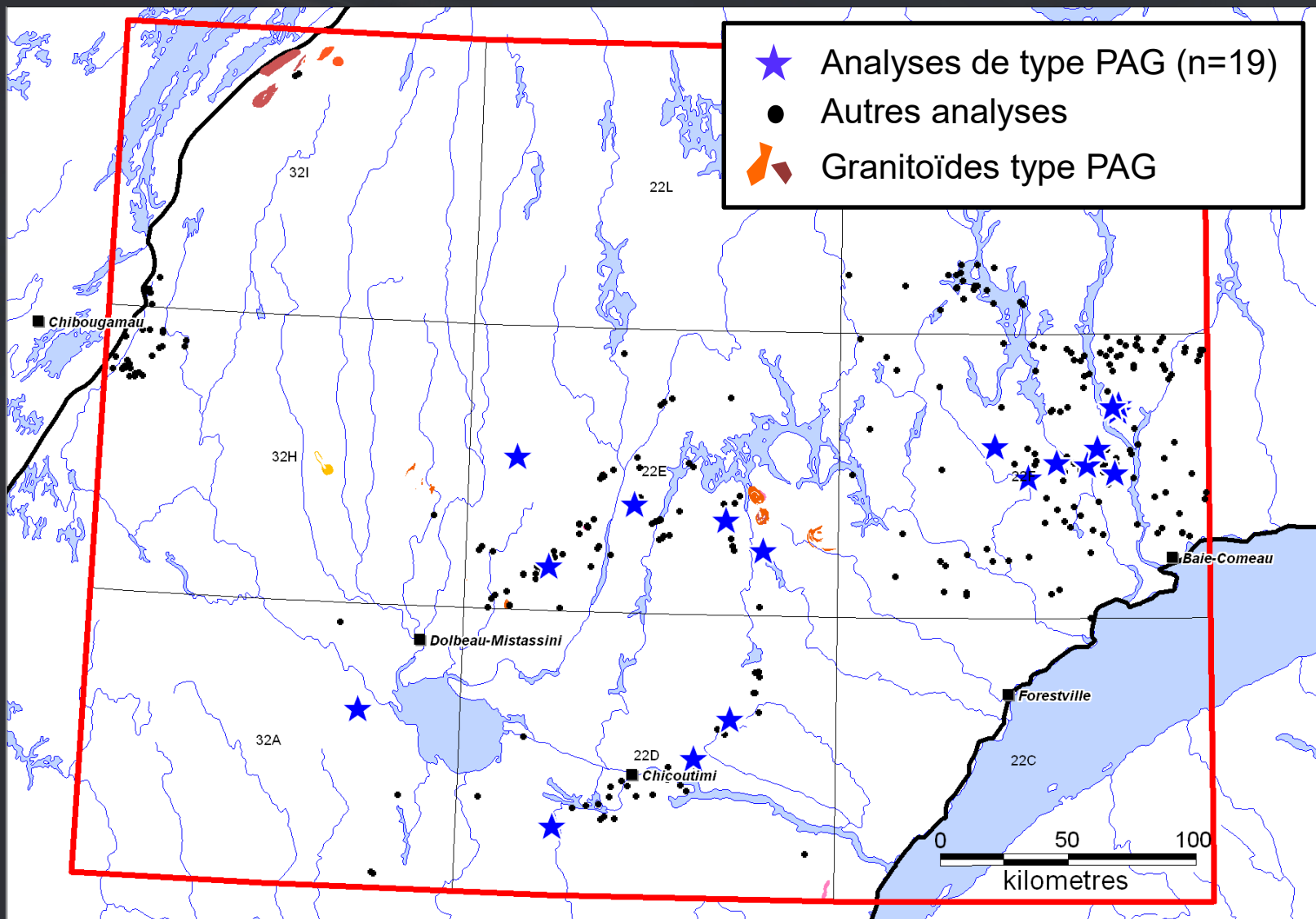
Conditions

1. *Syénogranite, syénite à quartz*
2. *Corindon CIPW > 0,5%*
3. *Hyperalumineux sur le diagramme ASI vs A/NK (Frost, 2001)*

Identification des échantillons de types hyperalumineux (MPG et CPG)



Identification des échantillons de types hyperalcalin (PAG)



Plan

1. *Résumé des types de minéralisations à métaux rares associées aux granitoïdes (présenté en septembre et novembre)*

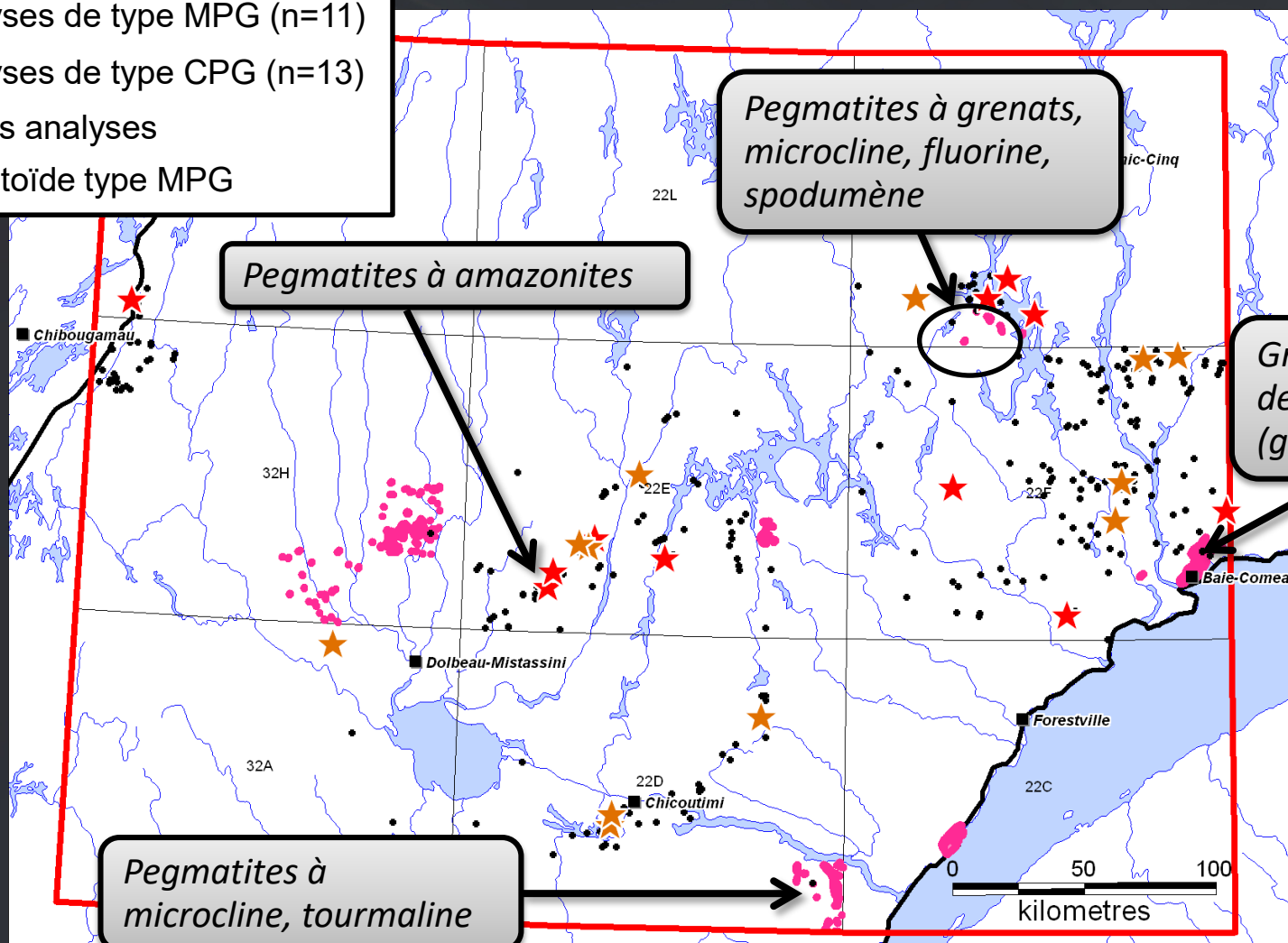
2. *Classification des suites granitoïdes du Grenville*
 - 2.1 *Mise à jour de la géologie*
 - 2.2 *Approche minéralogique*
 - 2.3 *Approche lithogéochimique*
 - 2.4 *Identification des analyses favorables*

3. *Secteurs de favorabilité pour les minéralisations:*
 - 3.1 *Li-Cs-Ta associées aux granitoïdes (MPG et CPG) et pegmatites (LCT) hyperalumineux*
 - 3.2 *Terres-rares, Y, Nb, Zr associées aux granitoïdes alcalins et hyperalcalins (PAG)*

3. Favorabilité Li-Cs-Ta associées aux granitoïdes (MPG et CPG) et pegmatites (LCT) hyperalumineux

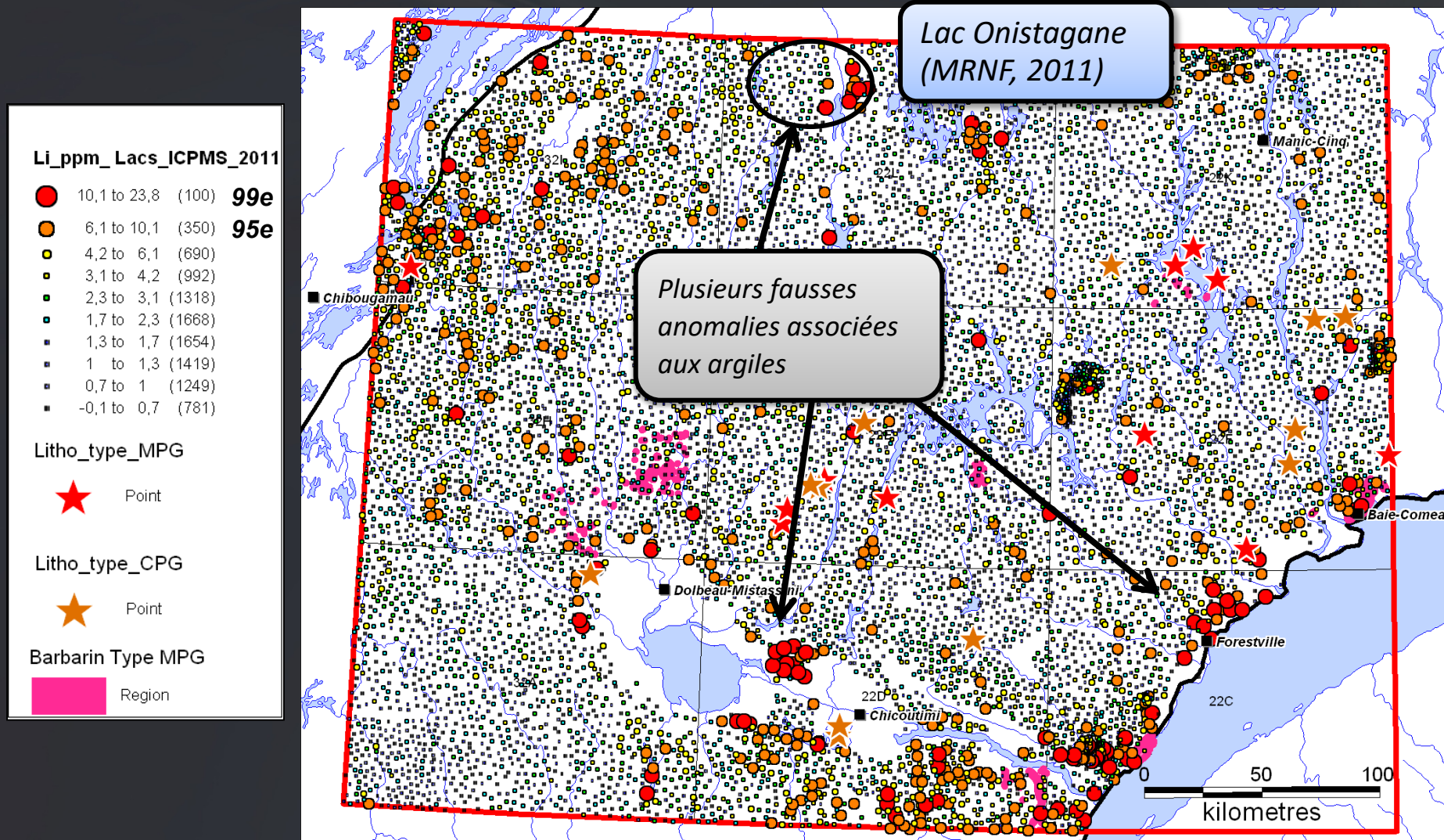
Couche des granitoïdes de type MPG et analyses de type MPG et CPG

- ★ Analyses de type MPG (n=11)
- ★ Analyses de type CPG (n=13)
- Autres analyses
- Granitoïde type MPG



3. Favorabilité Li-Cs-Ta associées aux granitoïdes (MPG et CPG) et pegmatites (LCT) hyperalumineux

Lithium dans les sédiments de fond de lac (MRNF, 2011)



3. Favorabilité Li-Cs-Ta associées aux granitoïdes (MPG et CPG) et pegmatites (LCT) hyperalumineux

À partir des valeurs >95e percentile de Li ppm on calcule le rapport Li/Mg pour isoler les vrais anomalies (> 95e percentile du rapport Li/Mg)

Li/Mg sur >95e centile de Li ppm

- 0,00566 to 0,0081 (14) **99e**
- 0,00429 to 0,00566 (39) **95e**
- 0,00371 to 0,00429 (45)
- 0,00329 to 0,00371 (49)
- 0,00288 to 0,00329 (52)
- 0,00258 to 0,00288 (61)
- 0,00236 to 0,00258 (38)
- 0,00205 to 0,00236 (48)
- 0,00165 to 0,00205 (54)
- 0,00043 to 0,00165 (29)

Litho_type_MPG



Point

Litho_type_CPG

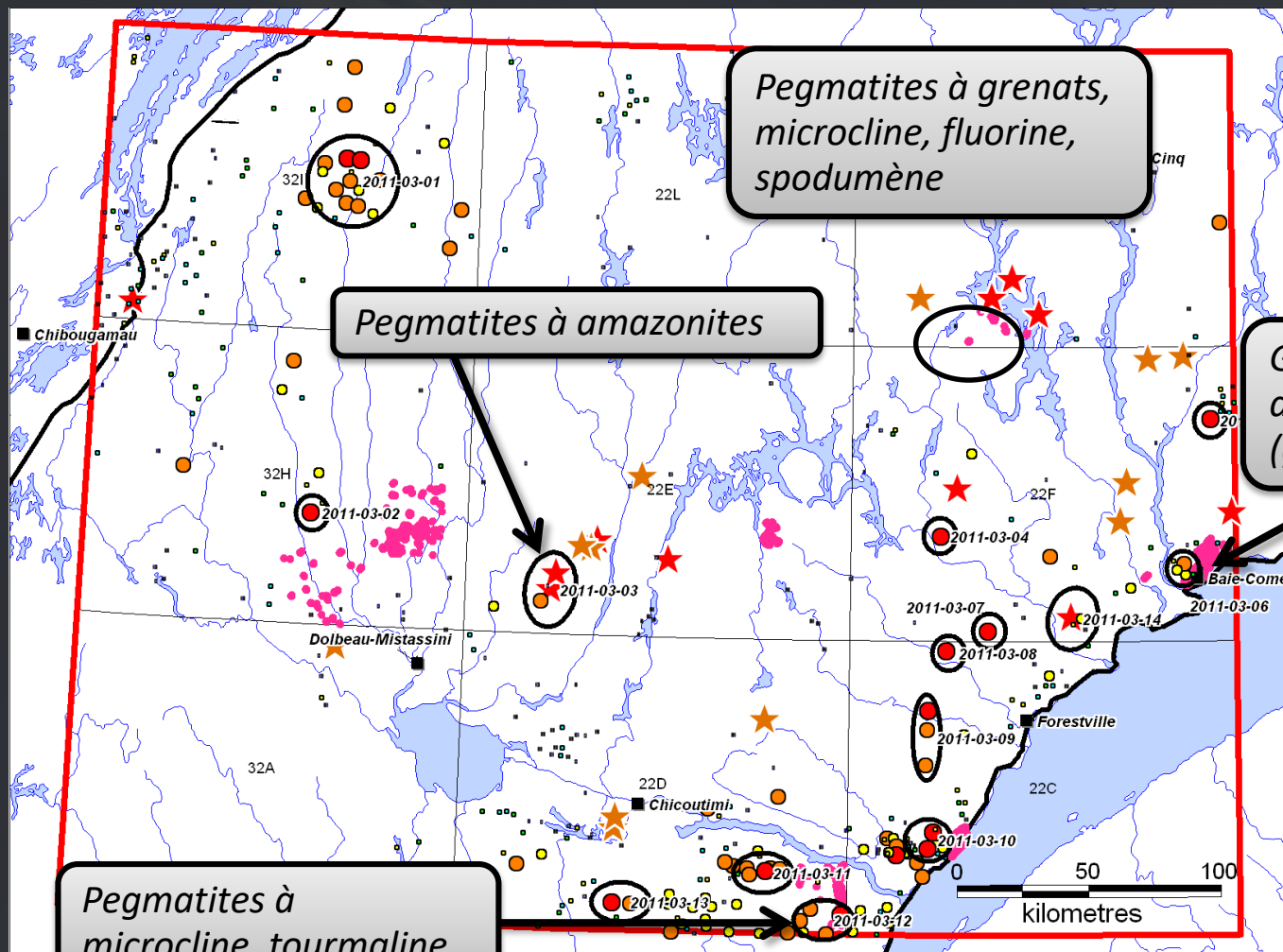


Point

Barbarin Type MPG



Region



14 cibles de favorabilité

Plan

1. *Résumé des types de minéralisations à métaux rares associées aux granitoïdes (présenté en septembre et novembre)*

2. *Classification des suites granitoïdes du Grenville*
 - 2.1 *Mise à jour de la géologie*
 - 2.2 *Approche minéralogique*
 - 2.3 *Approche lithogéochimique*
 - 2.4 *Identification des analyses favorables*

3. *Secteurs de favorabilité pour les minéralisations:*
 - 3.1 *Li-Cs-Ta associées aux granitoïdes (MPG et CPG) et pegmatites (LCT) hyperalumineux*
 - 3.2 *Terres-rares, Y, Nb, Zr associées aux granitoïdes alcalins et hyperalcalins (PAG)*

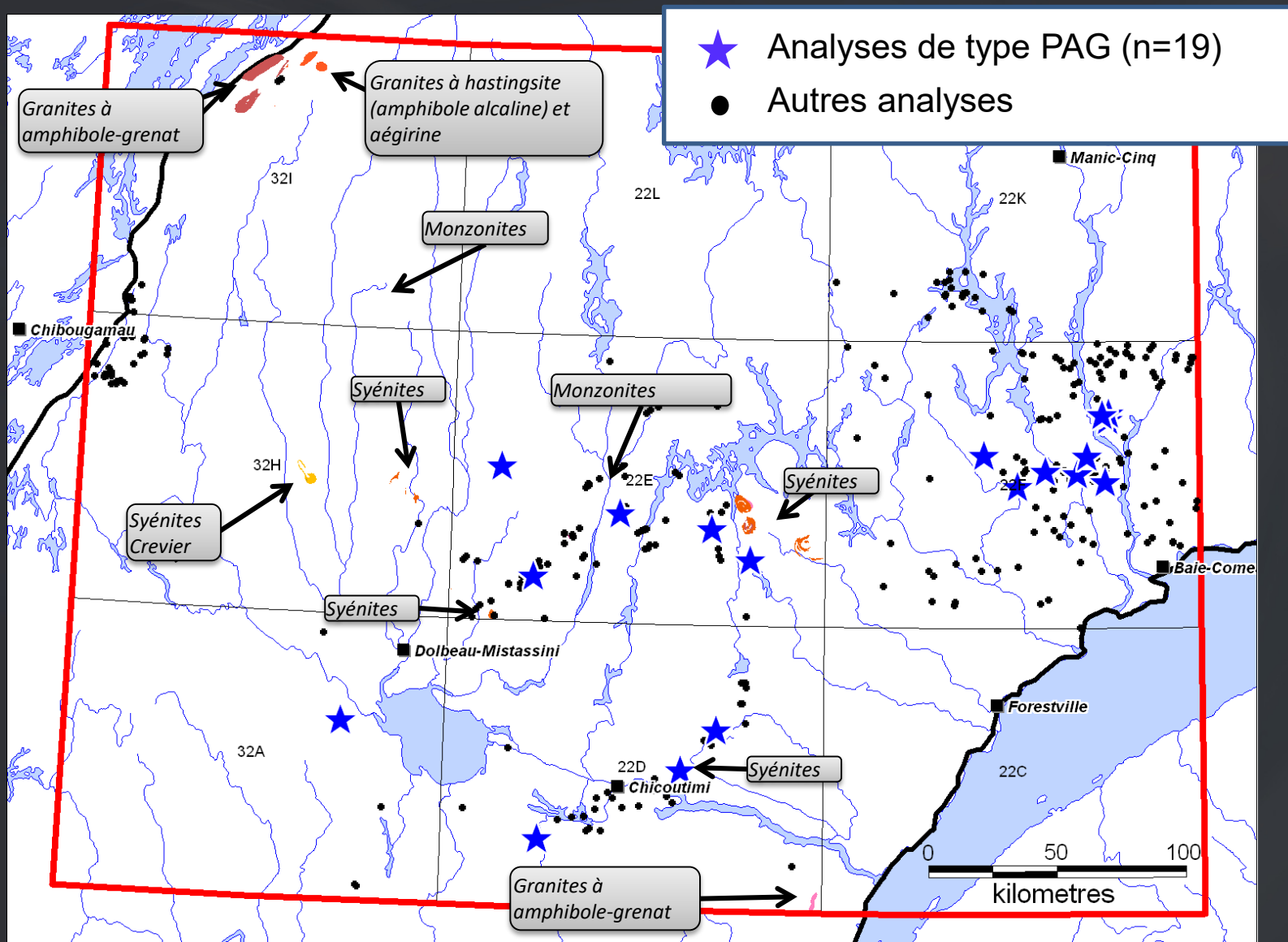
Plan

1. *Résumé des types de minéralisations à métaux rares associées aux granitoïdes (présenté en septembre et novembre)*

2. *Classification des suites granitoïdes du Grenville*
 - 2.1 *Mise à jour de la géologie*
 - 2.2 *Approche minéralogique*
 - 2.3 *Approche lithogéochimique*
 - 2.4 *Identification des analyses favorables*

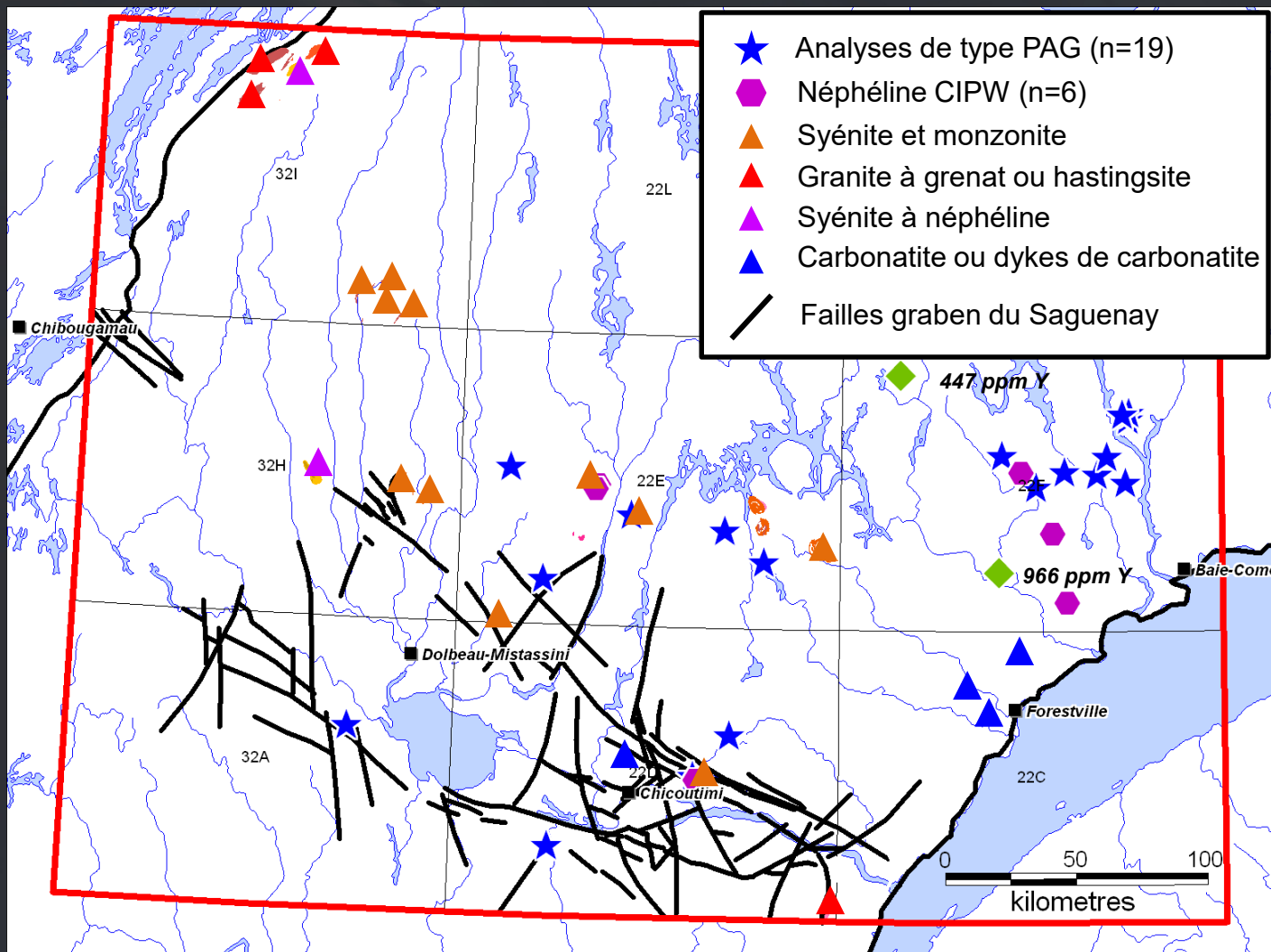
3. *Secteurs de favorabilité pour les minéralisations:*
 - 3.1 *Li-Cs-Ta associées aux granitoïdes (MPG et CPG) et pegmatites (LCT) hyperalumineux*
 - 3.2 *Terres-rares, Y, Nb, Zr associées aux granitoïdes alcalins et hyperalcalins (PAG)*

Couche des granitoïdes et analyses de type PAG

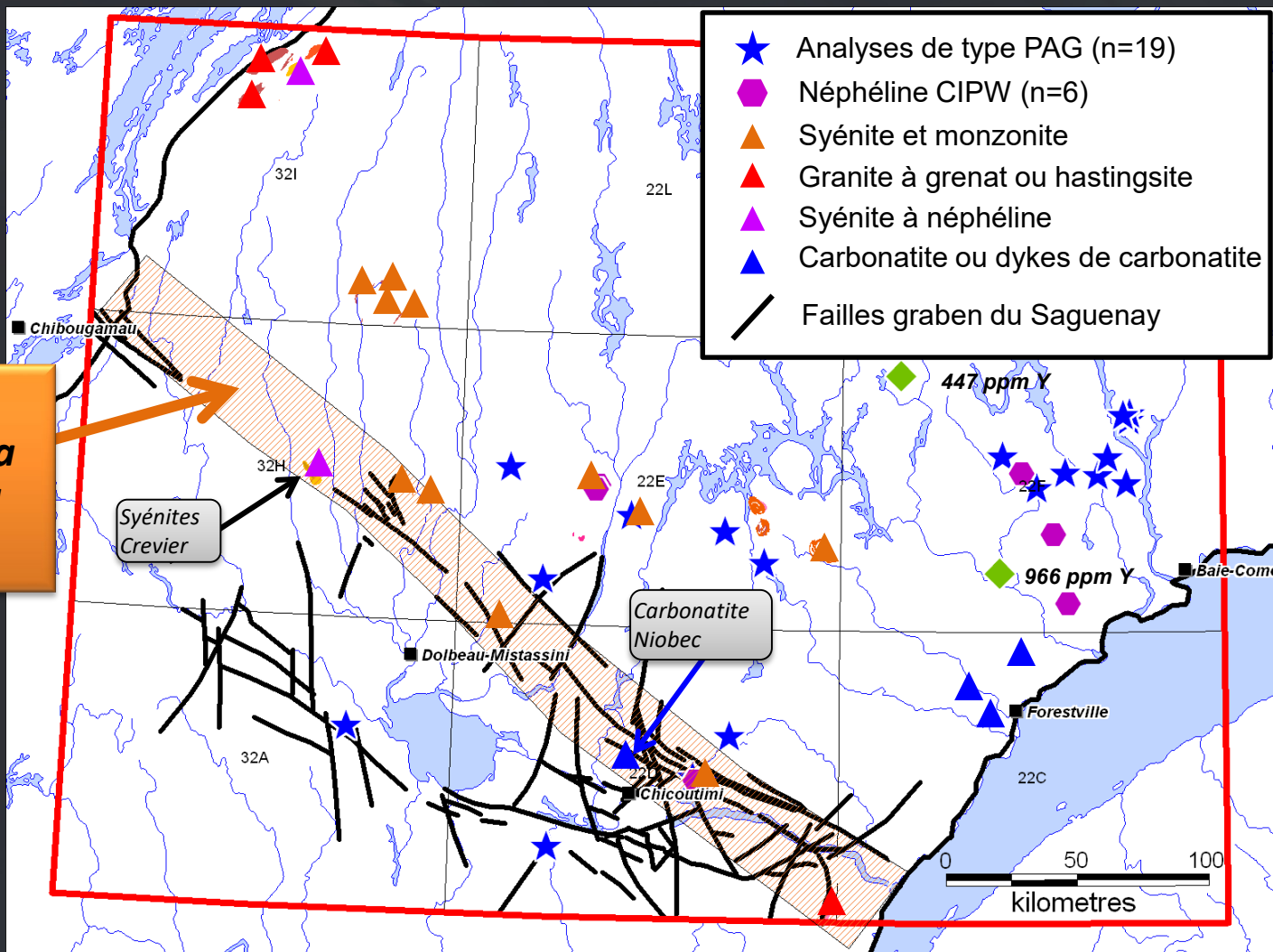


3. Favorabilité ETR-Y-Nb-Zr associées aux granitoïdes alcalins et hyperalcalins (PAG)

Intrusions alcalines et nouvelle interprétation des failles du graben du Saguenay (Daigneault, comm. Pers., projet PACES)



Couloirs alcalin avec syénite, monzonite, syénite à néphéline, carbonatite et analyses type PAG

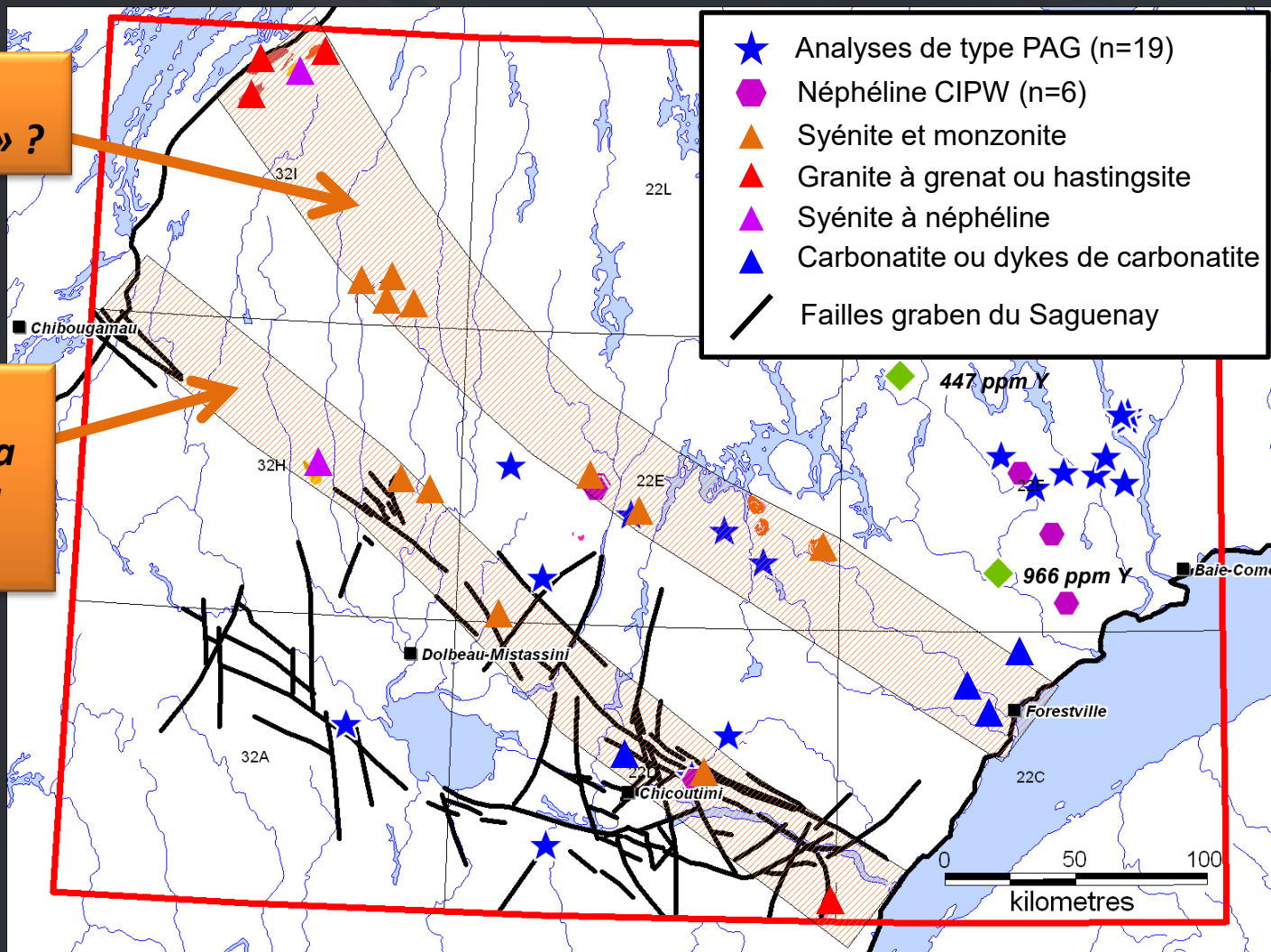


Couloir alcalin sur la marge nord du graben

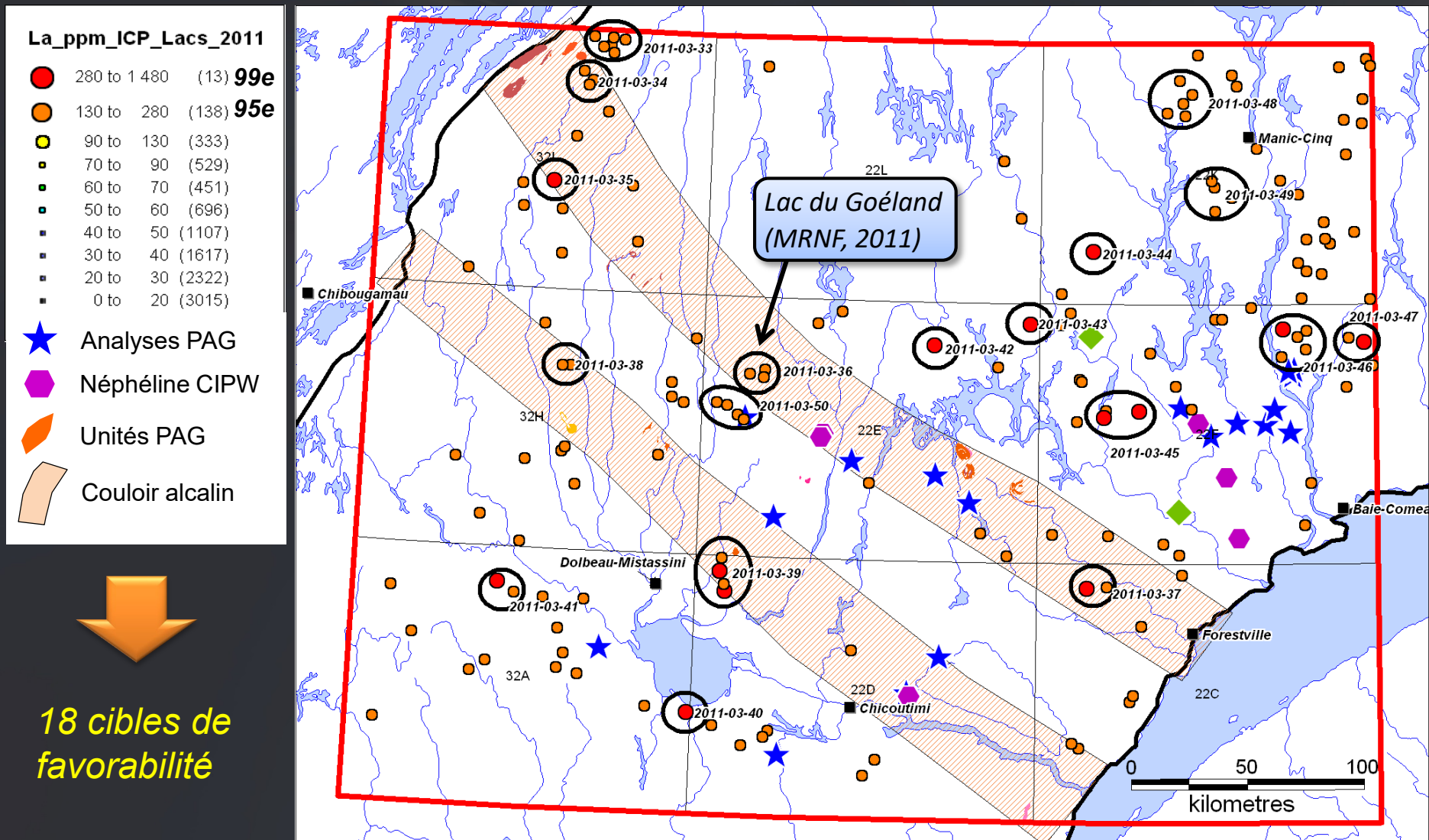
2^e Couloir alcalin! avec syénite, monzonite, granite à grenat et hastingsite, syénite à néphéline, carbonatite et analyses type PAG

Un graben « fantôme » ?

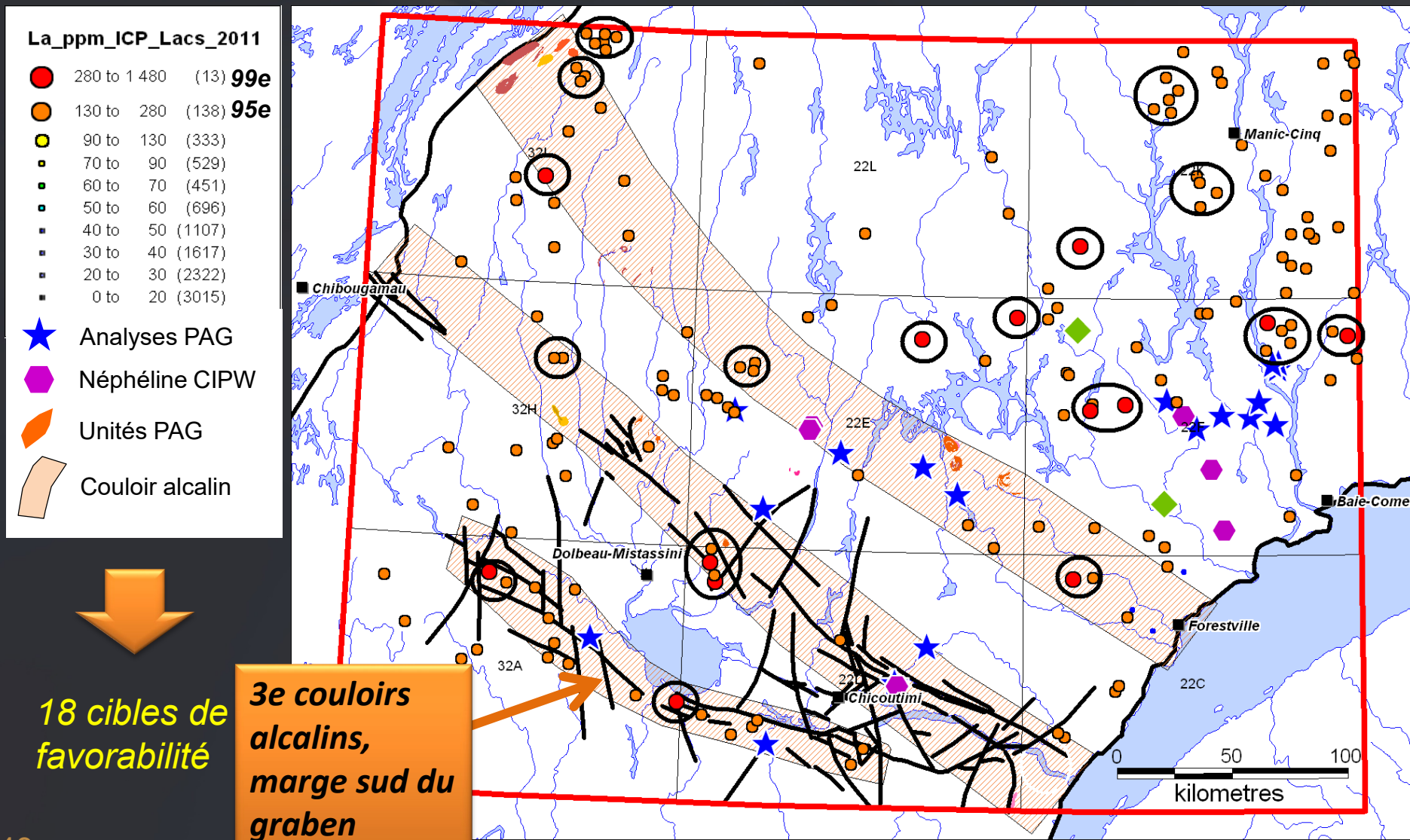
Couloir alcalin sur la marge nord du graben



Lanthane dans sédiments de fond de lac (MRNF, 2011)



Corrélation La dans sédiments de fond de lac, analyses de type PAG et graben sud du Saguenay



Conclusion

- *La classification des suites de granitoïdes est efficace lorsque l'on utilise une approche minéralogique et lithogéochimique combinée*
- *Cette classification a permis d'établir un lien entre les granitoïdes favorables et certains métaux recherchés*
- *Identification de 32 cibles de favorabilité dans la région du Saguenay-Lac-St-Jean/Haute-Côte-Nord*
- *Méthodologie utilisable ailleurs dans le Grenville et dans d'autres contextes*

Remerciements

- *Réal Daigneault (discussion géologie du Saguenay-Lac-St-Jean)*
- *Chercheurs du Consorem (discussions)*