

À la recherche d'IOCG et de porphyres à Cu-Au alcalins-calciques en Abitibi : utilisation de la typologie des intrusions.

*Benoit Lafrance
Consorem*

Forum
Technologique
Consorem-Divex
2011



ALEXIS



AURIZON



Cameco

OSISKO
EXPLORATION



xstrata
copper



MDN



CARTIER
RESSOURCES



SOQUEM



RICHMONT



Ressources
d'ARIANNE



xstrata
zinc



VIRGINIA

ONHYM



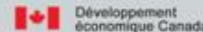
CONFÉRENCE RÉGIONALE DES ÉLUS
SAINT-JEAN-SANT-JACQUES



Ministère
du Développement
économique,
de l'Innovation
et de l'Exportation
Québec



Ressources naturelles
et Faune
Québec



Développement
économique Canada



UQAM
Université du Québec à Montréal



URSTM/UQAT



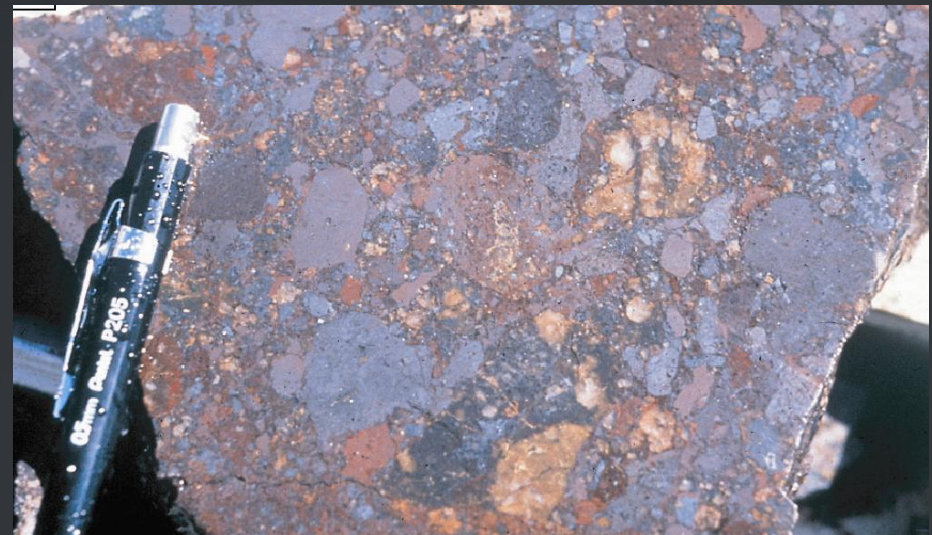
UQAC

“Développer des guides d’exploration pour les IOCG (fer-oxydes polymétalliques) au Québec”

Fer-oxydes polymétalliques (IOCG)

Caractéristiques récurrentes

- Abondance de **Magnétite** et/ou **Hématite** (>20% fer) bréchiques ou en veines massives recoupées par les sulfures (Cu-Au)
- Fort tonnage (>100 Mt) faibles teneurs (<2% Cu, <1 g Au/t)
- Vaste système d’altération hydrothermale sodique et potassique



Brèche hétérolitiques à matrice d'hématite, Olympic Dam (Reynolds, 2001)

“Développer des guides d’exploration pour les IOCG (fer-oxydes polymétalliques) au Québec”

Fer-oxydes polymétalliques (IOCG)

Variabilité du groupe

- Grande variabilité des roches encaissantes
- Signature magnétique variable (magnétite vs hématite dominante)
- Contenu métallique variable **Cu, Au, ÉTR, U, Co, Ag, Bi, W, F, P**



Veinules de chalcopryrite-pyrite qui recoupe la magnétite de remplacement, Mine Candelaria, Chili (Marschik et Fontboté, 2001)

- Quelle est la bonne approche pour développer des guides d'explorations à l'échelle du district ?
- Quel-est l'élément clé ?

Oxydes de fer = IOCG ?



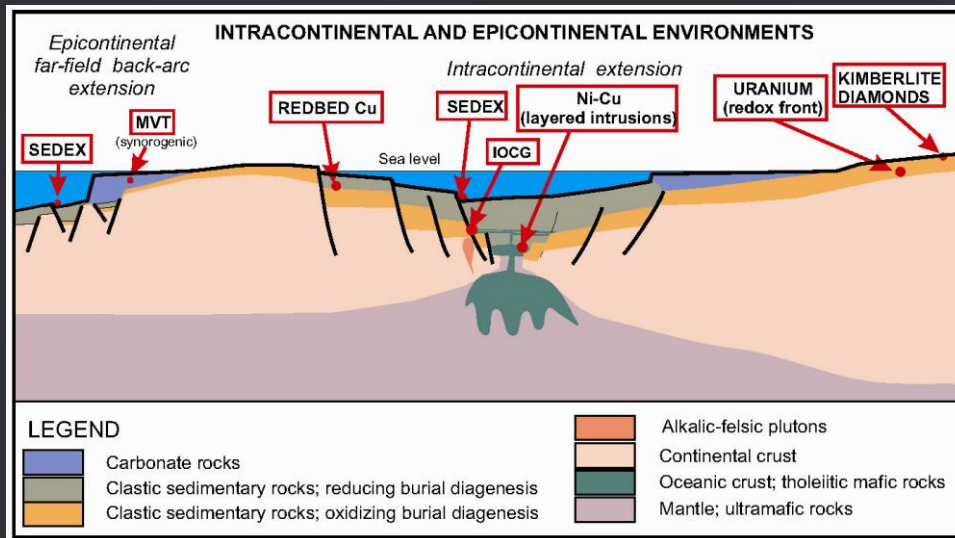
Pas si simple !

- La confusion provient du fait que plusieurs types de gisements différents ont été assignés aux IOCG sur la seule base qu'ils contiennent des oxydes de fer (e.g. carbonatite, skarn, porphyres alcalins, syénite, etc...) ceci à conduit à la grande variabilité du groupe...
- Cependant lorsque l'on regarde seulement les quatre grands districts de Candelaria (Chili), Olympic Dam et Cloncurry (Australie) et Carajas (Brésil) on observe des caractéristiques beaucoup plus homogènes.
- IOCG au *sensu stricto* (Groves et al., 2010)
- Stratégies d'explorations deviennent alors possibles

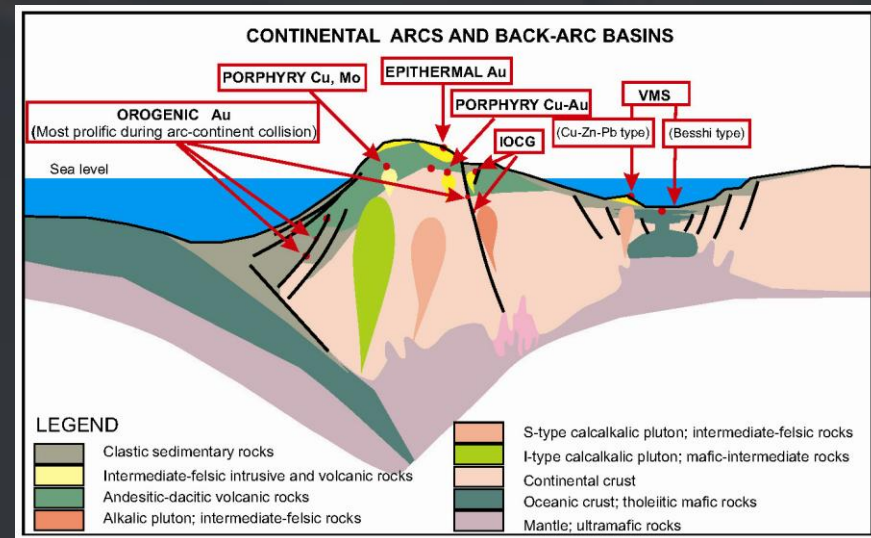
Quelle-est la bonne approche pour l'exploration des IOCG sensu stricto?

1) Identifier le contexte tectonique ?

Rift intracontinental



Arc continental



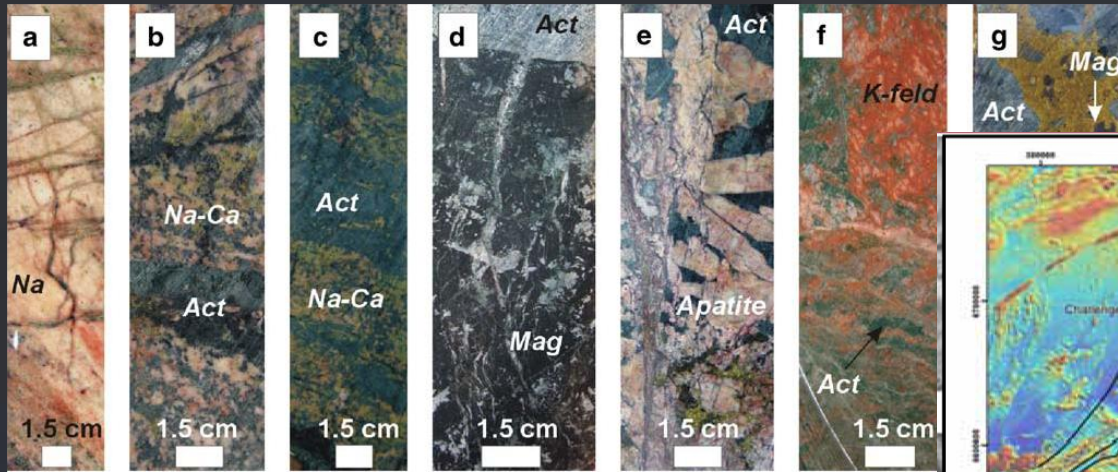
Lydon, 2007, Mineral Deposit of Canada

= Ciblage à l'échelle de la province géologique

Pas utile pour identifier des cibles d'exploration à l'échelle du district ou locale...

Quelle-est la bonne approche pour l'exploration des IOCG sensu stricto?

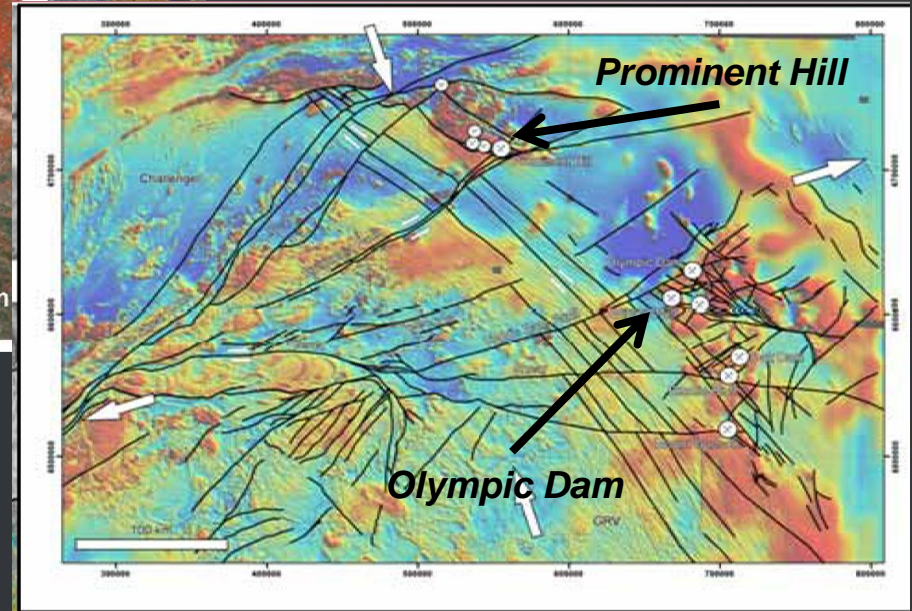
2) Altération ?



Monteiro et al., 2008, Gisement Sequeirinho, district de Carajas

Les altérations sodique, sodi-calcique et potassique peuvent aussi être associées à d'autres types de gisements, utile à l'échelle locale...

3) Géophysique et structure ?



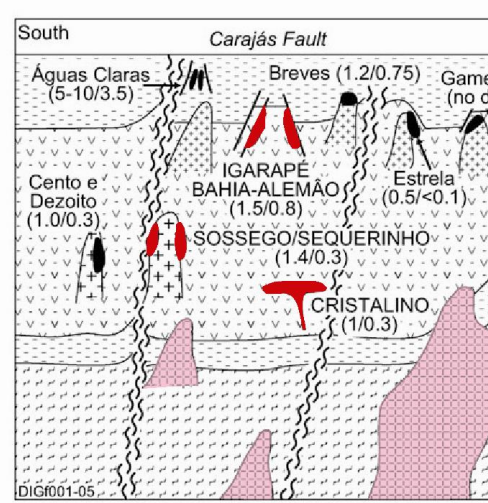
Hand 2007, Gawler Craton, Australia

Systèmes magnétiques, d'autres pas...

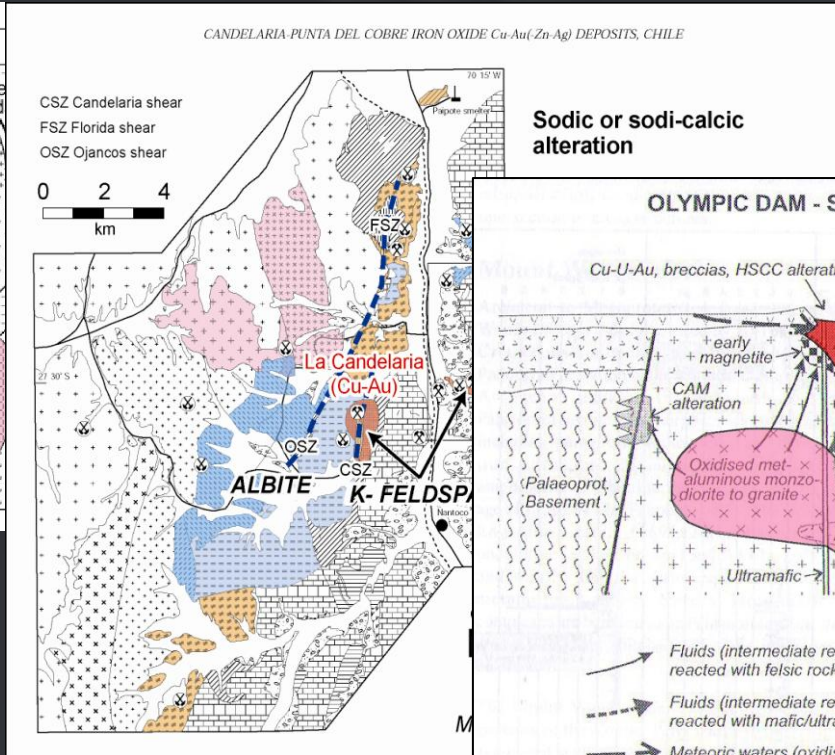
Quelle-est la bonne approche pour l'exploration des IOCG sensu stricto?

4) Importance des intrusions génétiquement associées

Granites archéens alcalins, Monzonite à quartz, monzodiorite,
 District de Carajás, Brésil District de Candelaria, Chili

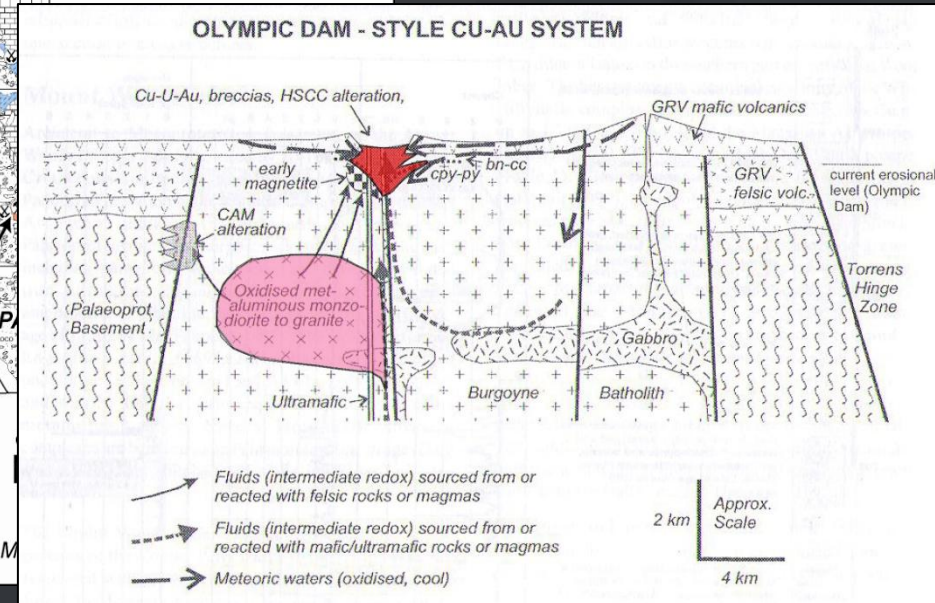


Modifié de Grainger et al., 2008



Modifié de Marshik et Fontboté, 2001

Monzodiorite à granite oxydées et métalumineux,
 Olympic Dam, Australie



Modifié de Skirrow et al., 2002

Toujours présence d'intrusions génétiquement associées à quelques kilomètres des gisements

- **IOCG = gisement magmatique-hydrothermal**
- **Trouver la signature des intrusions génétiquement associées = districts favorables**
 - L'approche est basée sur la caractérisation lithogéochimique des intrusions génétiquement associées aux IOCG, puisqu'elles représentent le moteur du système hydrothermal
 - Les intrusions sont relativement peu altérées : utilisation des éléments majeurs est possible en plus des éléments traces
 - La présence de ces intrusions peut être utilisée comme un guide d'exploration à l'échelle du district

Compilation d'une base de données des intrusions génétiquement associées aux IOCG

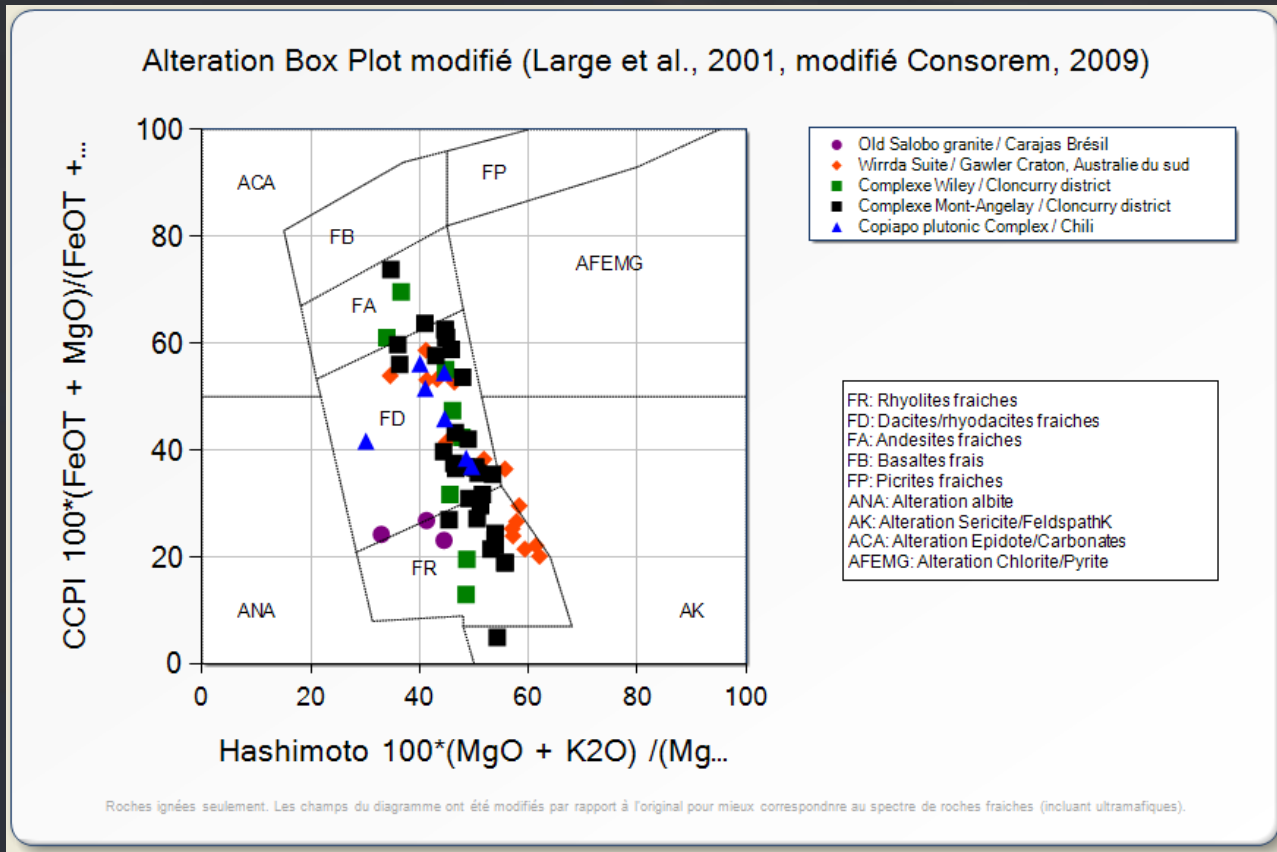
(articles originaux compilés dans l'article de synthèse de Pollard (*Min. deposita*, 2006))

Régions	Districts miniers	Unités intrusives	Nombre d'échantillons	Références
Gawler Craton, Australie	District d'Olympic Dam	Wirrda Suite	15	Creaser, 1996
Mount Isa Block, Australie	District de Cloncurry	Mt Angelay and Wiley Complex	18	Pollard et al., 1998
		Mt Angelay igneous Complex	24	Mark, 1999
Carajas, Brésil	District de Salobo	Old Salobo Granite	3	Lindenmayer, 1990
Chili	District de Candelaria	Copiapo plutonic complex	7	Marschik et al., 2003
TOTAL			67	

La compilation contient seulement des intrusions où le lien génétique entre les intrusions et les minéralisations a été établi par datations ou études isotopiques.

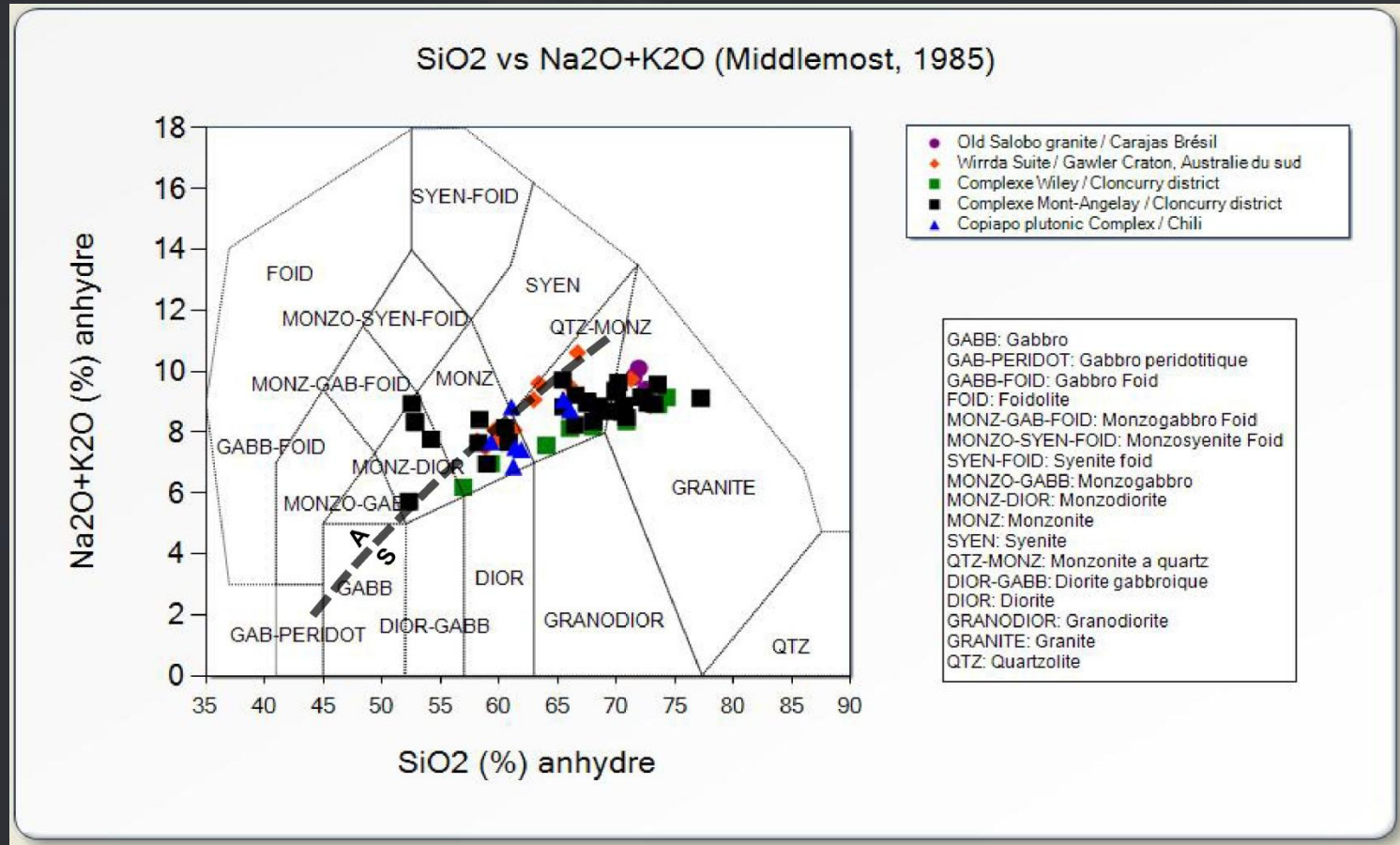
Test d'altération des échantillons

Box plot de Large et al. (2001) est une façon rapide de discriminer les échantillons altérés (discrimination des altérations sodiques, potassique, à chlorite-pyrite et carbonates)



Série plutonique

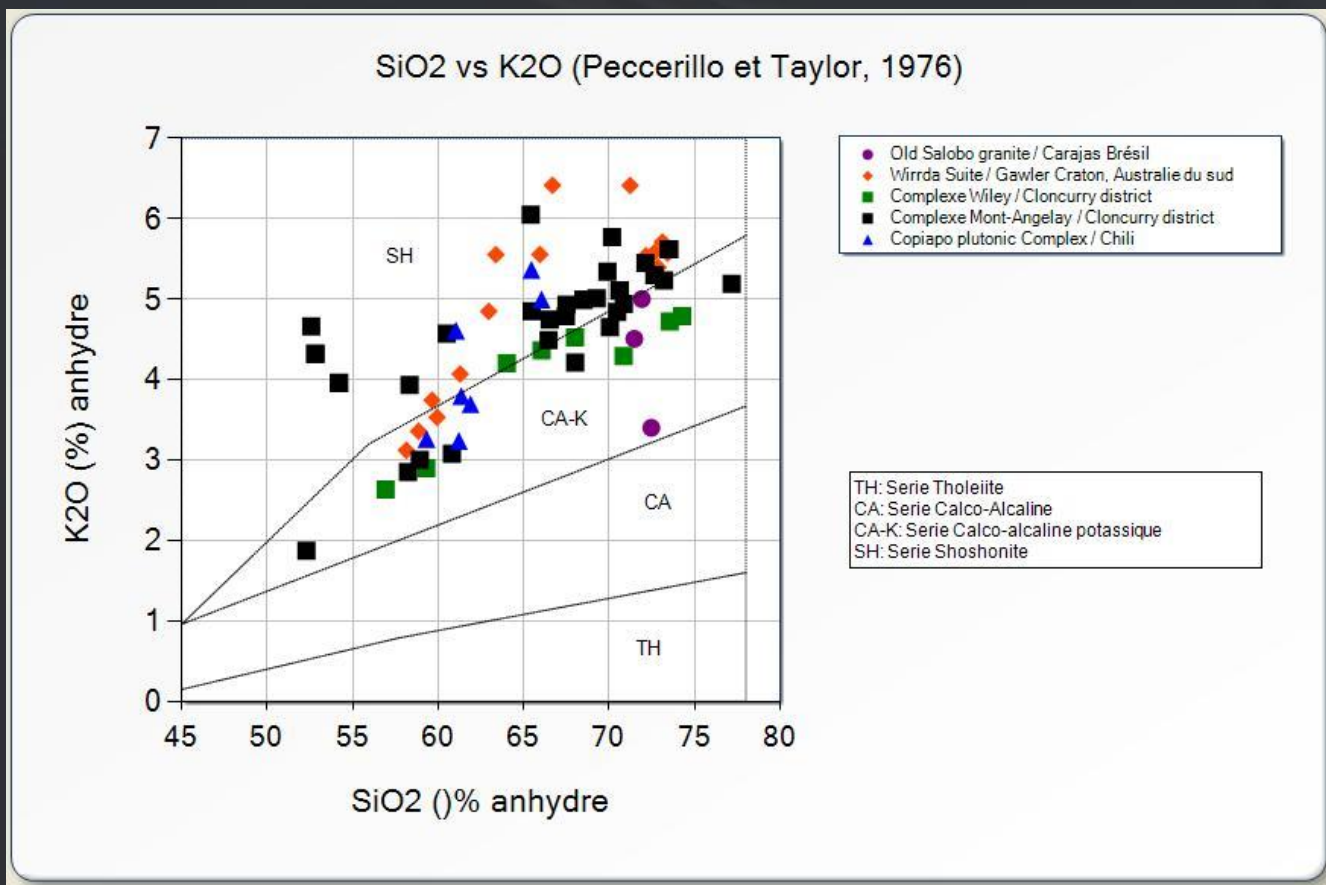
Monzodiorite – monzodiorite à quartz – monzonite à quartz - granite



Roches subalcalines à légèrement alcalines (*limite de Irvine and Baragar*)

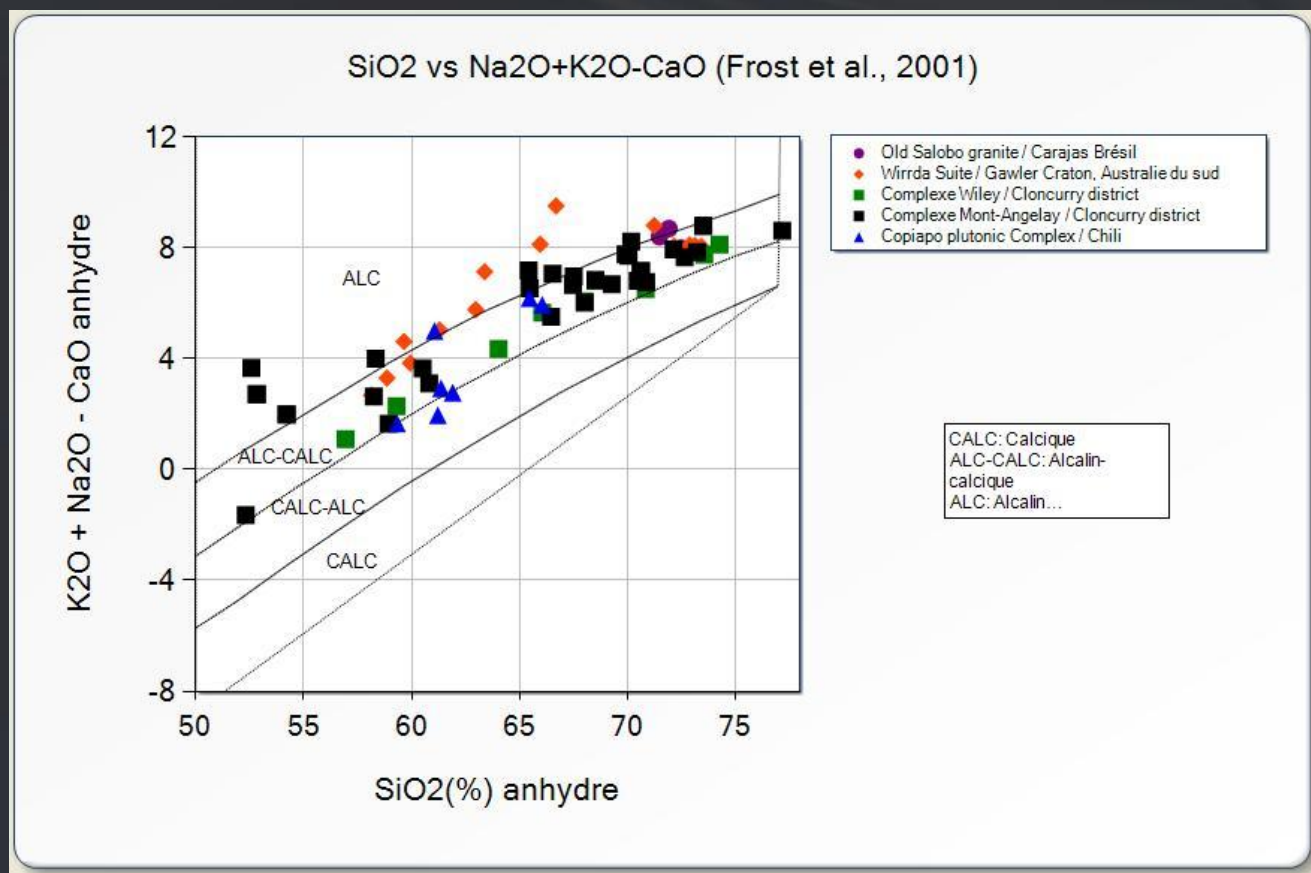
Caractère potassique (basé sur le contenu en K_2O)

Calco-alcalin potassique à shoshonitique



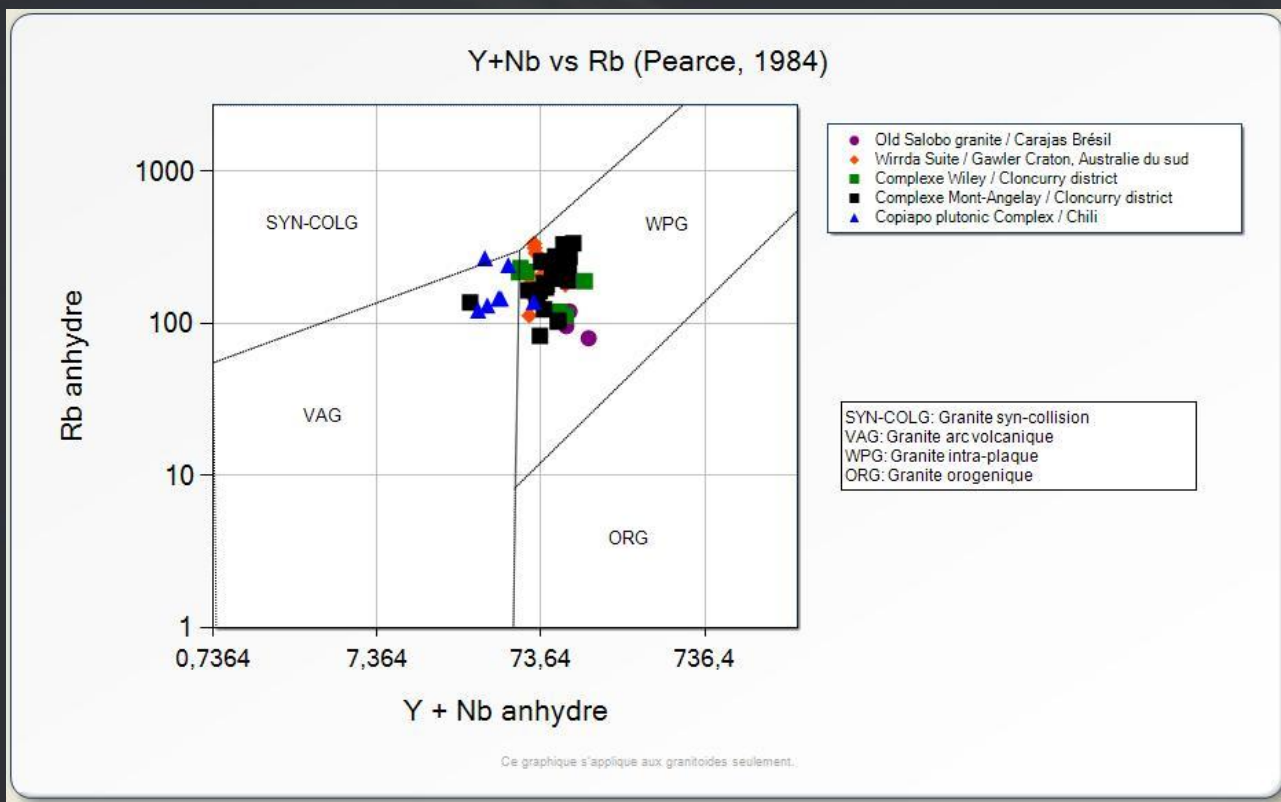
Caractère alcalin (basé sur le contenu en K_2O , Na_2O et CaO)

Alcalin-calcique à alcalin (faiblement calco-alcalin pour les roches d'arc volcanique du Chili)



Environnement tectonique

Granitoïdes d'arc et intraplaques



Les échantillons des contextes intracratoniques tombent dans le champ intraplaque, les échantillons du Chili sont regroupés dans le champ des granitoïdes d'arc tel qu'anticipé.

En résumé :

Série plutonique

- Monzodiorite
- Monzodiorite à quartz
- Monzonite à quartz
- Granite

Caractère potassique (K_2O vs. SiO_2)

- Calco-alcalin potassique (high-K)
- Shoshonitique

Caractère alcalin (Na_2O+K_2O-CaO vs. SiO_2)

- Alcalin-calcique
- Alcalin
- (faiblement calco-alcalin pour les roches de contexte d'arc)

Environnement tectonique ($Y+Nb$ vs. Rb)

- Granitoïdes intraplaques
- Granitoïdes d'arc volcanique

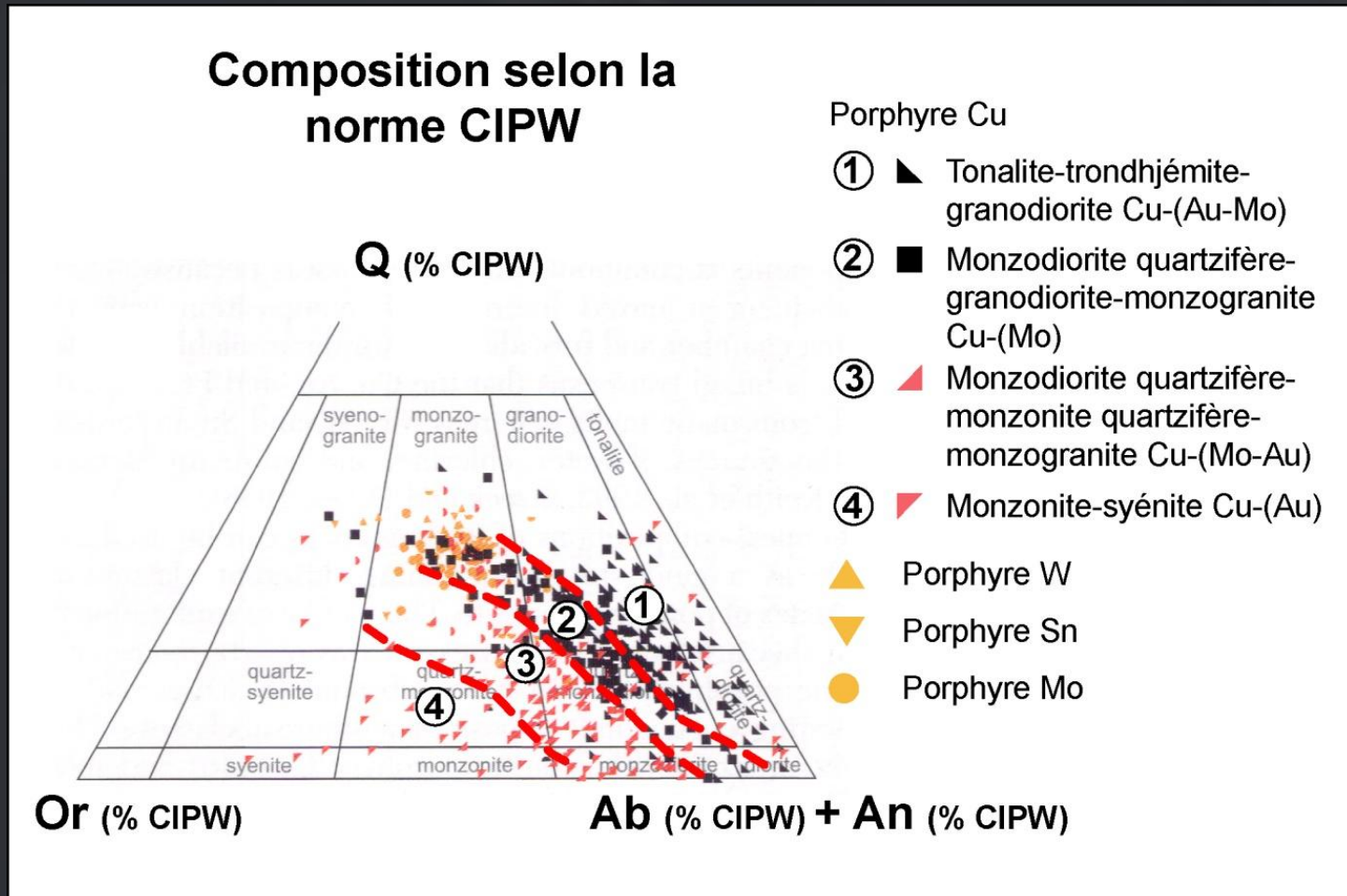
Les granitoïdes génétiquement associés aux IOCG possèdent des caractéristiques géochimiques bien définis et homogènes mais :

Est-ce que ces types d'intrusions sont seulement associées aux IOCG où peuvent-elles être associées à d'autres types de gisements, en particulier les gisements porphyriques ?

Intrusions associées aux IOCG et aux porphyres

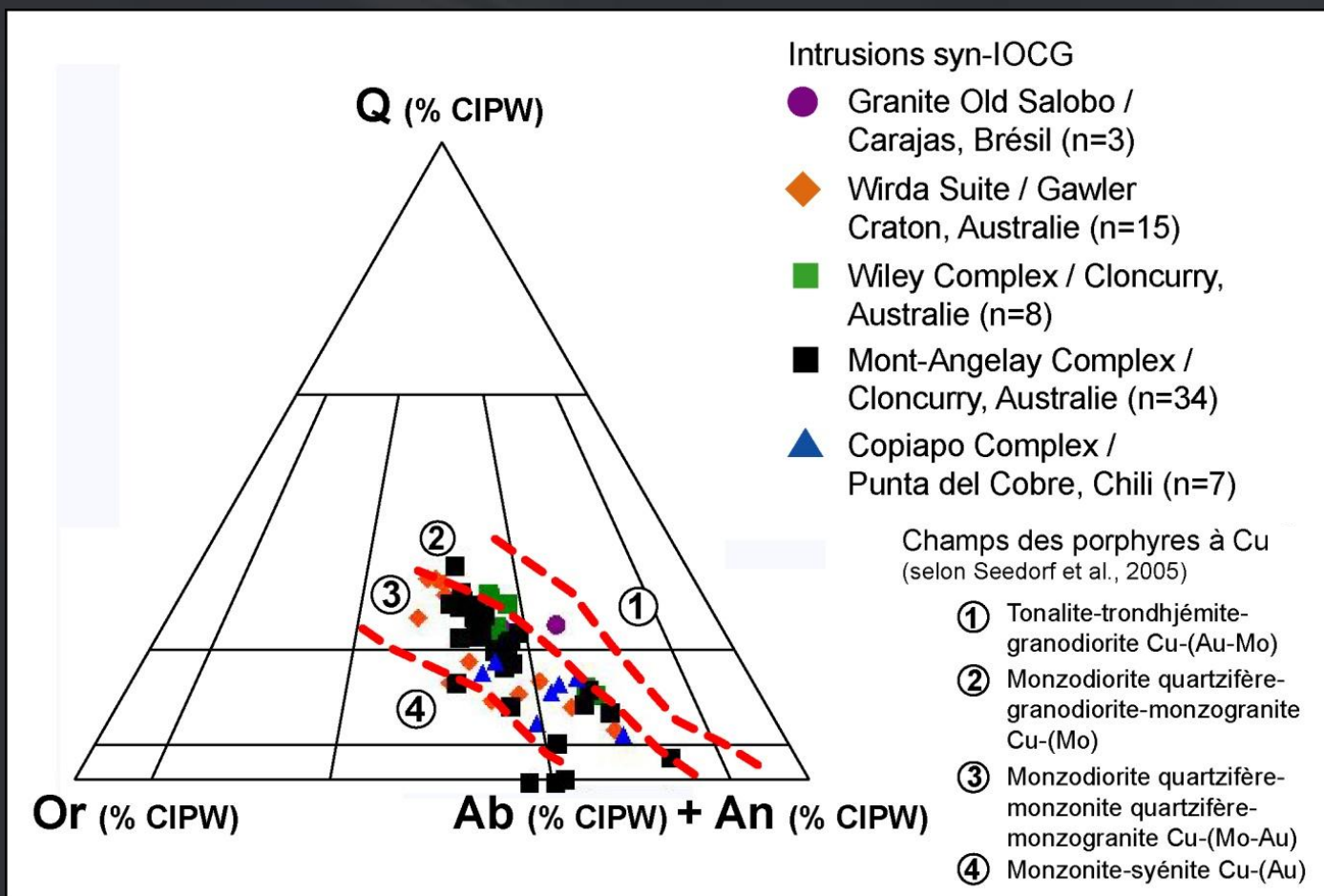
Synthèse des gisements porphyriques de Seedorff *et al.* (*Economic Geology, 100th anniversary volume, 2005*)

4 divisions pour les porphyres à Cu



Intrusions associées aux IOCG et aux porphyres

Norme CIPW des échantillons de la base de données des IOCG par rapport aux 4 divisions de porphyres cuprifères de Seedorff et al., 2005



La plupart des échantillons sont regroupés dans le champ des porphyres à Cu-(Mo-Au) de type monzonite à quartz

Basé sur la géochimie, les intrusions associées aux IOCG ou aux porphyres à Cu-Au alcalins-calciques sont associés à la même série magmatique des monzonites à quartz

Les secteurs favorables définis par les caractéristiques lithogéochimiques ont un potentiel pour contenir des gisements de types IOCG ou porphyres alcalin-calciques à Cu-Au

Intrusions associées aux IOCG et aux porphyres

- La profondeur de mise en place des intrusions explique la différence entre les plutons non-altérés et non-minéralisée (IOCG) et les stocks, et dykes minéralisés et altérés des porphyres
- Partage des altérations sodiques, sodi-calciques et argileuses intermédiaires

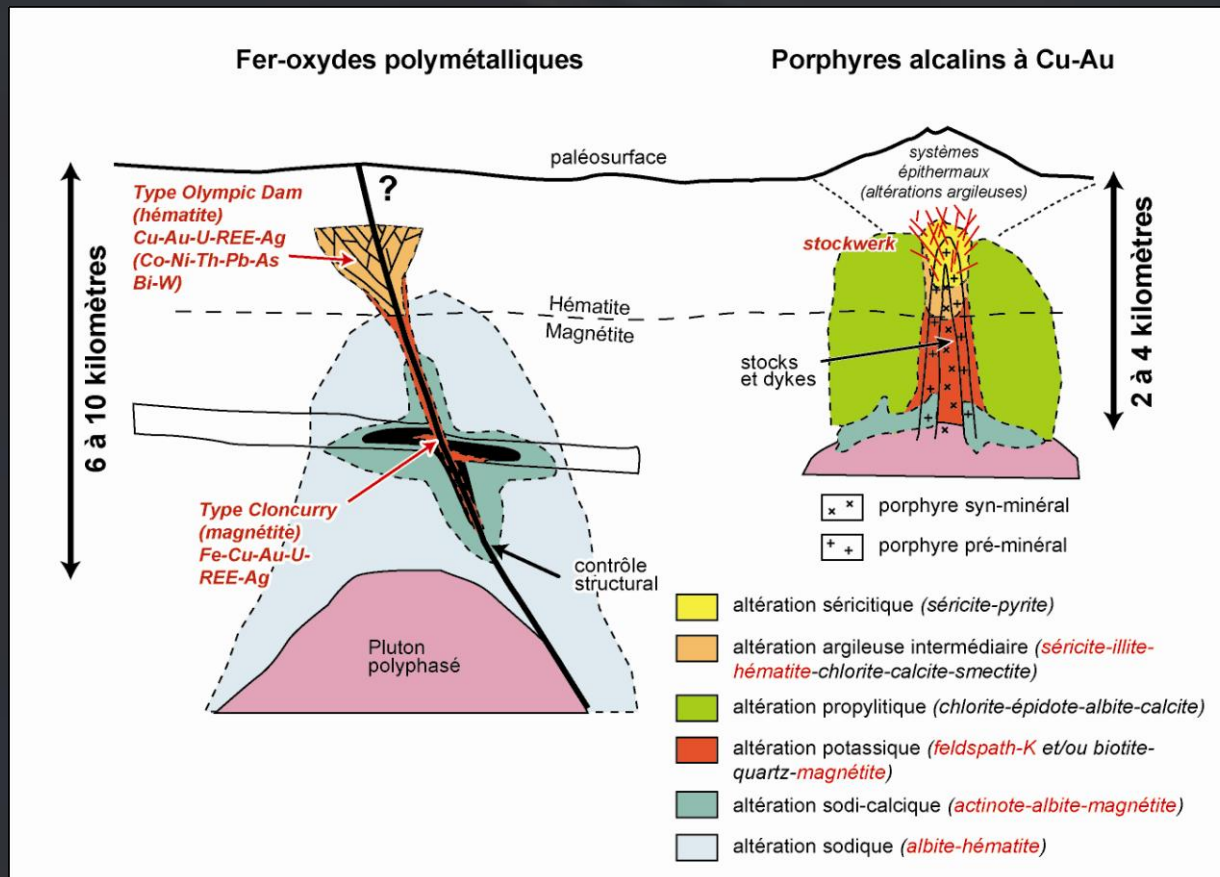
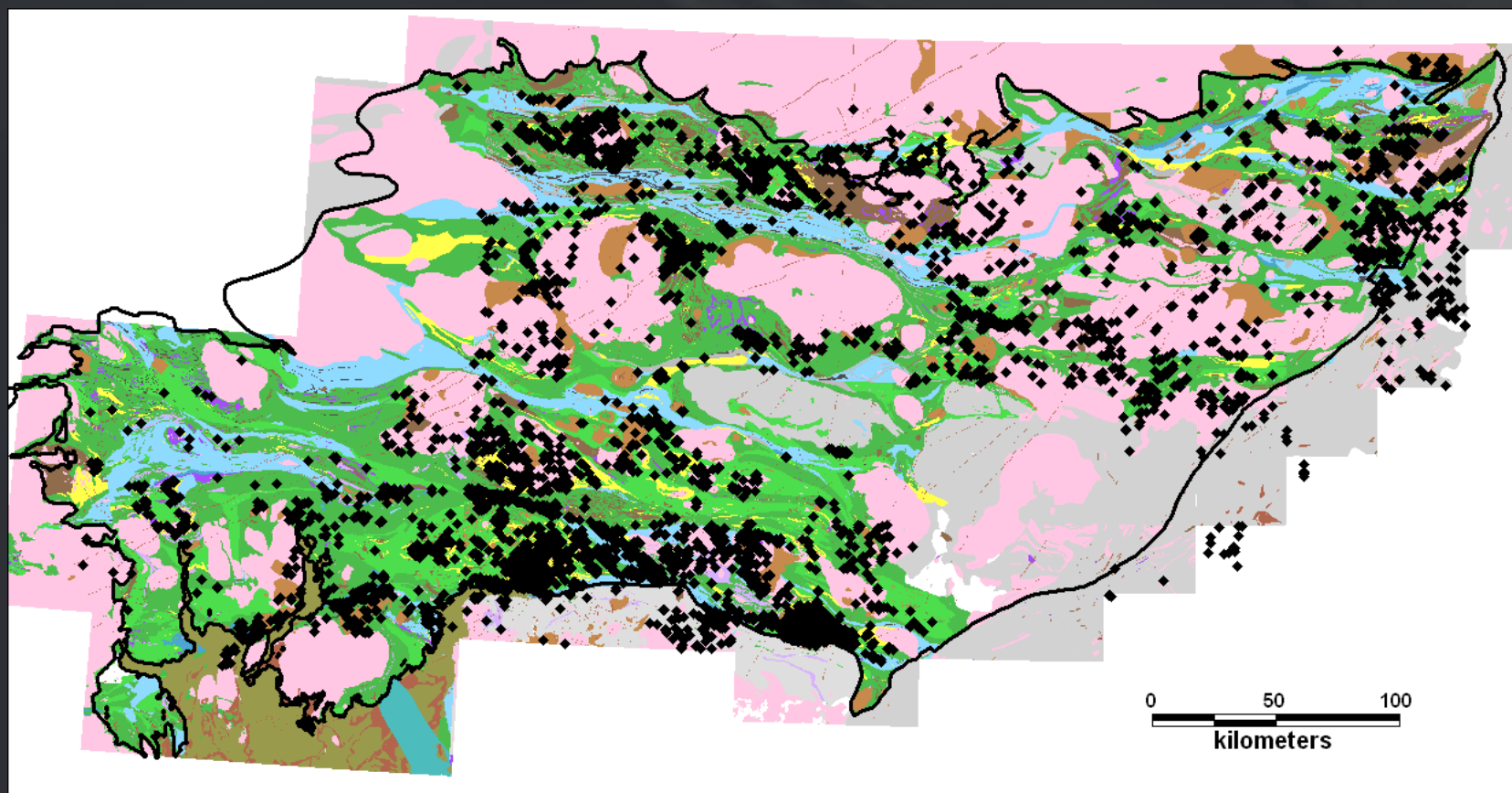


Figure synthèse adaptée de : Jébrak et Marcoux, 2008; Williams *et al.*, 2005; Sillitoe, 2000; 2003; Kerrich *et al.*, 2000

À la recherche d'IOCG et de porphyres alcalin-calciques à Cu-Au en Abitibi

Exemple d'application pour l'exploration : potentiel en IOCG et porphyres alcalins-calciques à Cu-Au en Abitibi

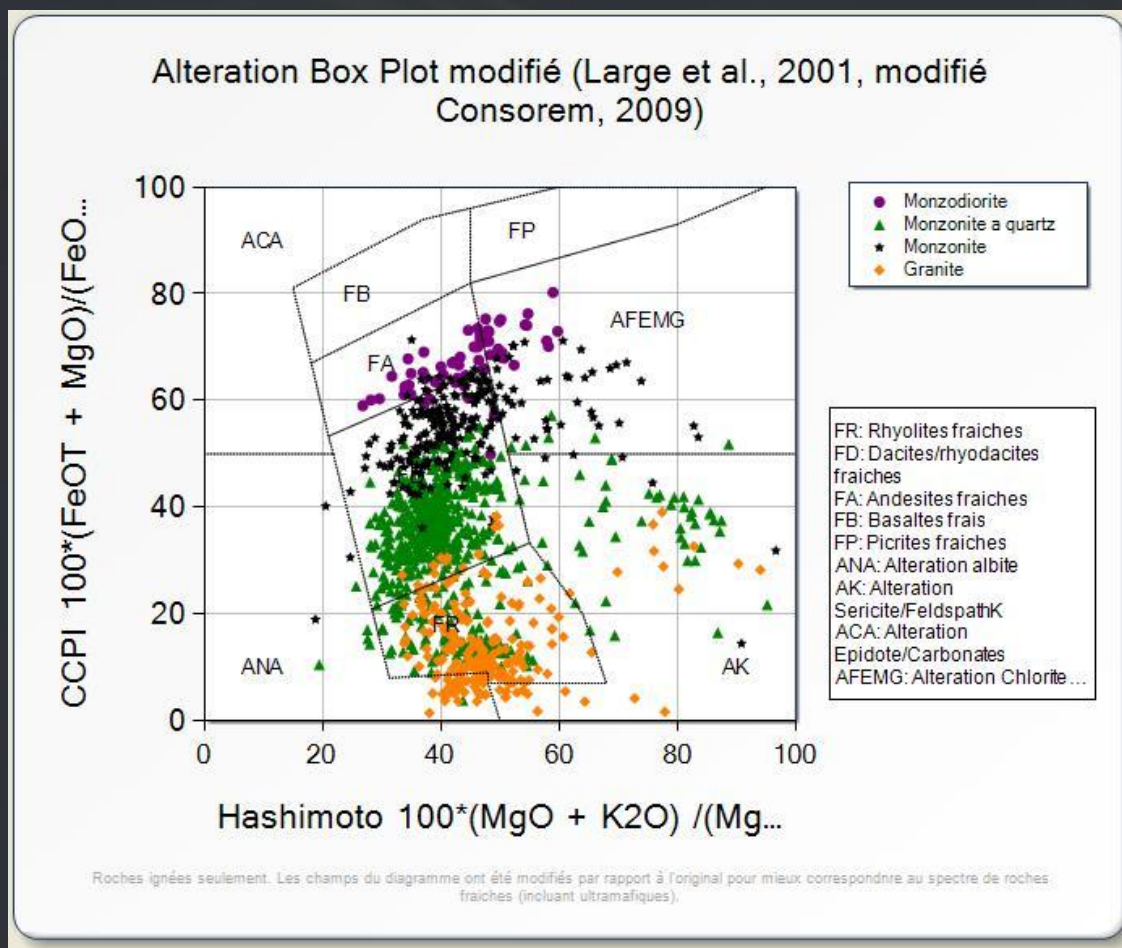
Analyses lithogéochimiques des intrusions intermédiaires à felsiques de l'Abitibi



Base de données CONSOREM (SIGEOM et partenaires, n = 14132)

À la recherche d'IOCG et de porphyres alcalin-calciques à Cu-Au en Abitibi

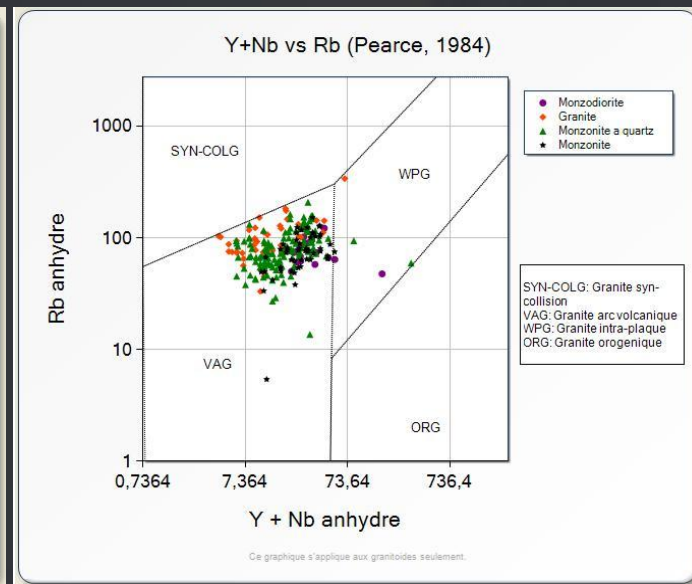
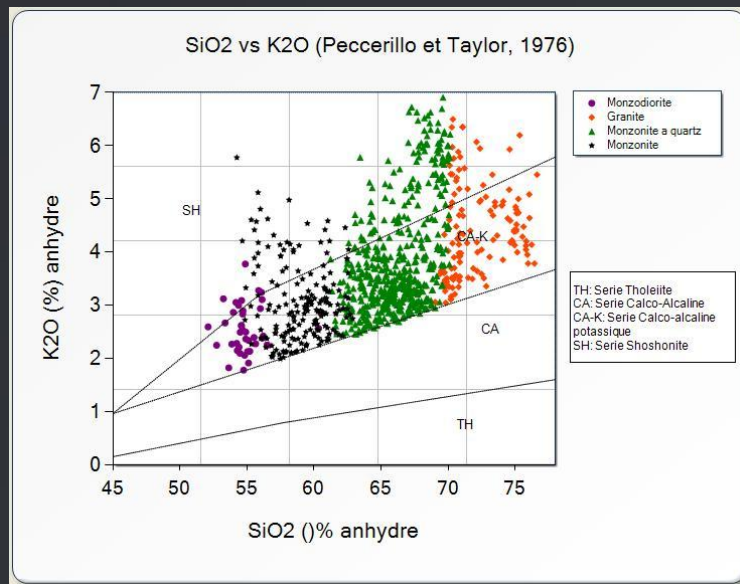
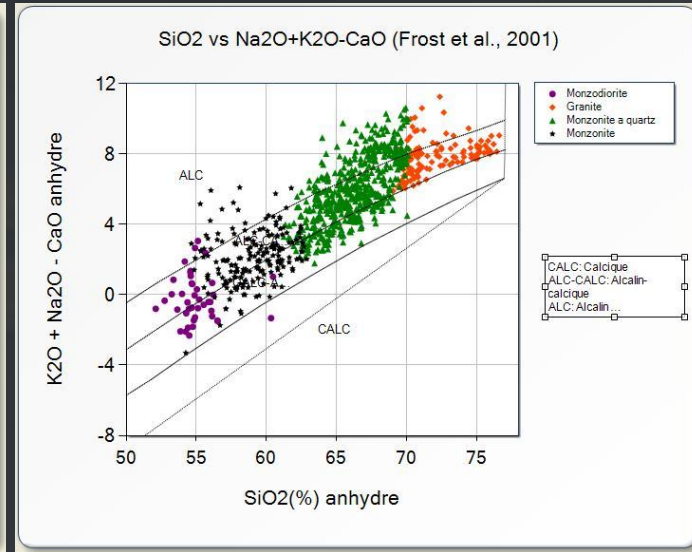
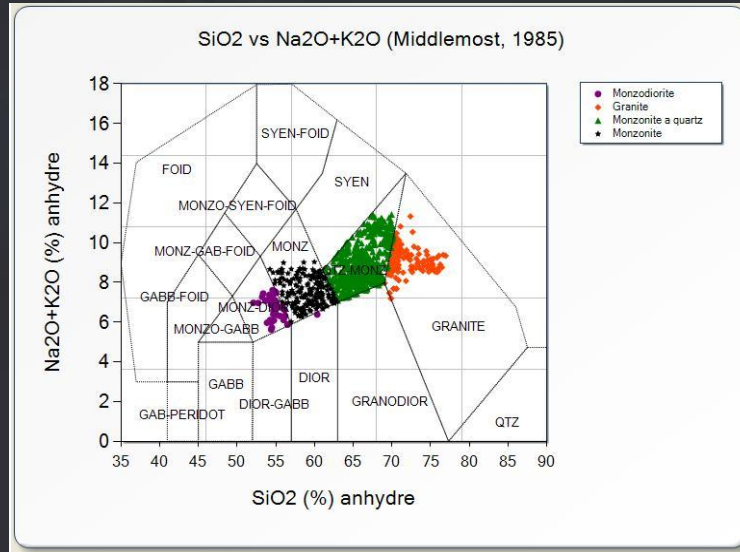
Discrimination des échantillons altérés avec le diagramme de Large et al., 2001



À la recherche d'IOCG et de porphyres alcalin-calciques à Cu-Au en Abitibi

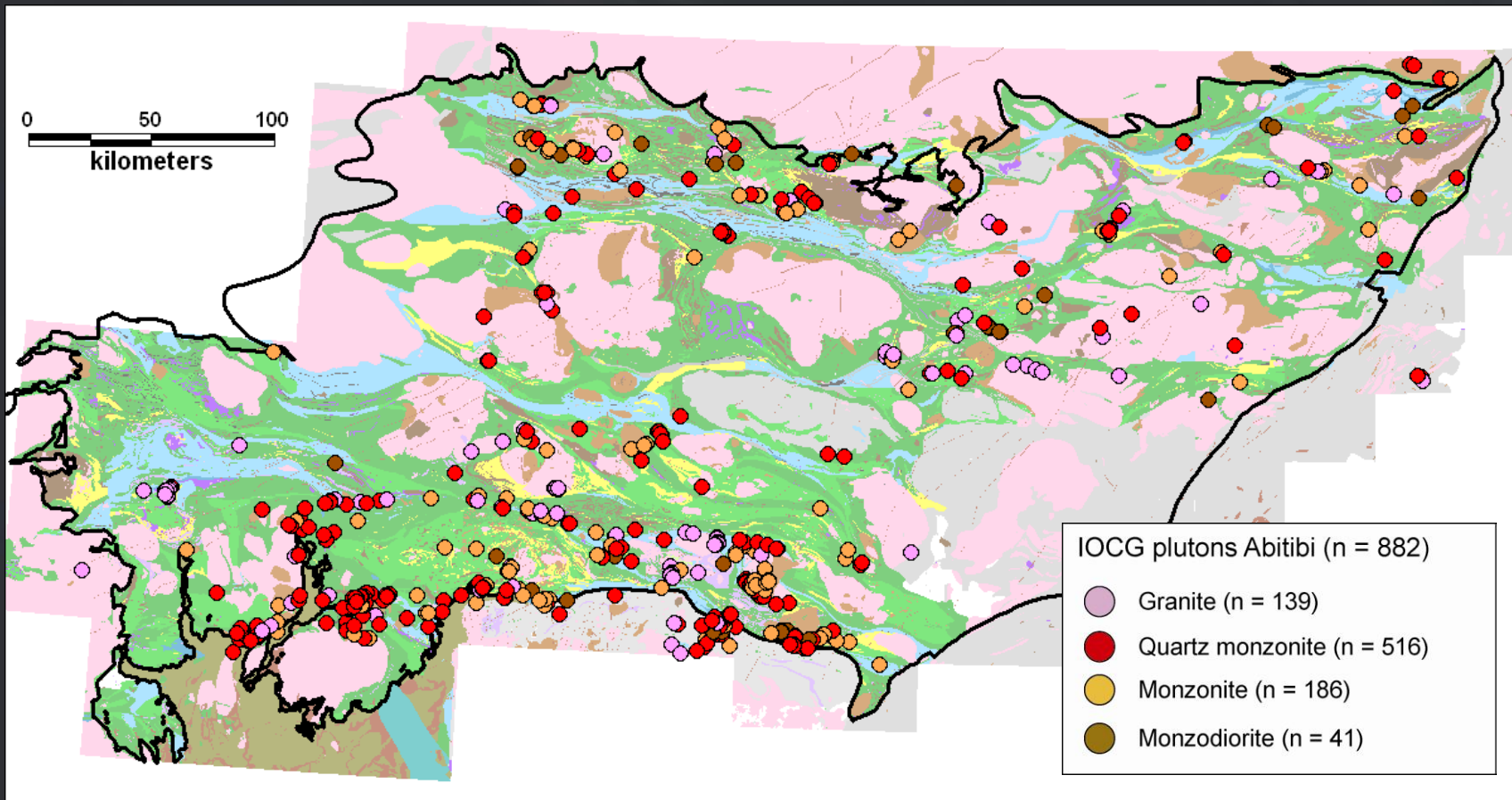
Discrimination des échantillons favorables selon la méthode déjà présentée

882 analyses possèdent les caractéristiques recherchées



À la recherche d'IOCG et de porphyres alcalin-calciques à Cu-Au en Abitibi

Échantillons favorables aux minéralisations en IOCG et porphyres alcalins-calciques à Cu-Au en Abitibi



À la recherche d'IOCG et de porphyres alcalin-calciques à Cu-Au en Abitibi

Localisation des intrusions favorables en Abitibi

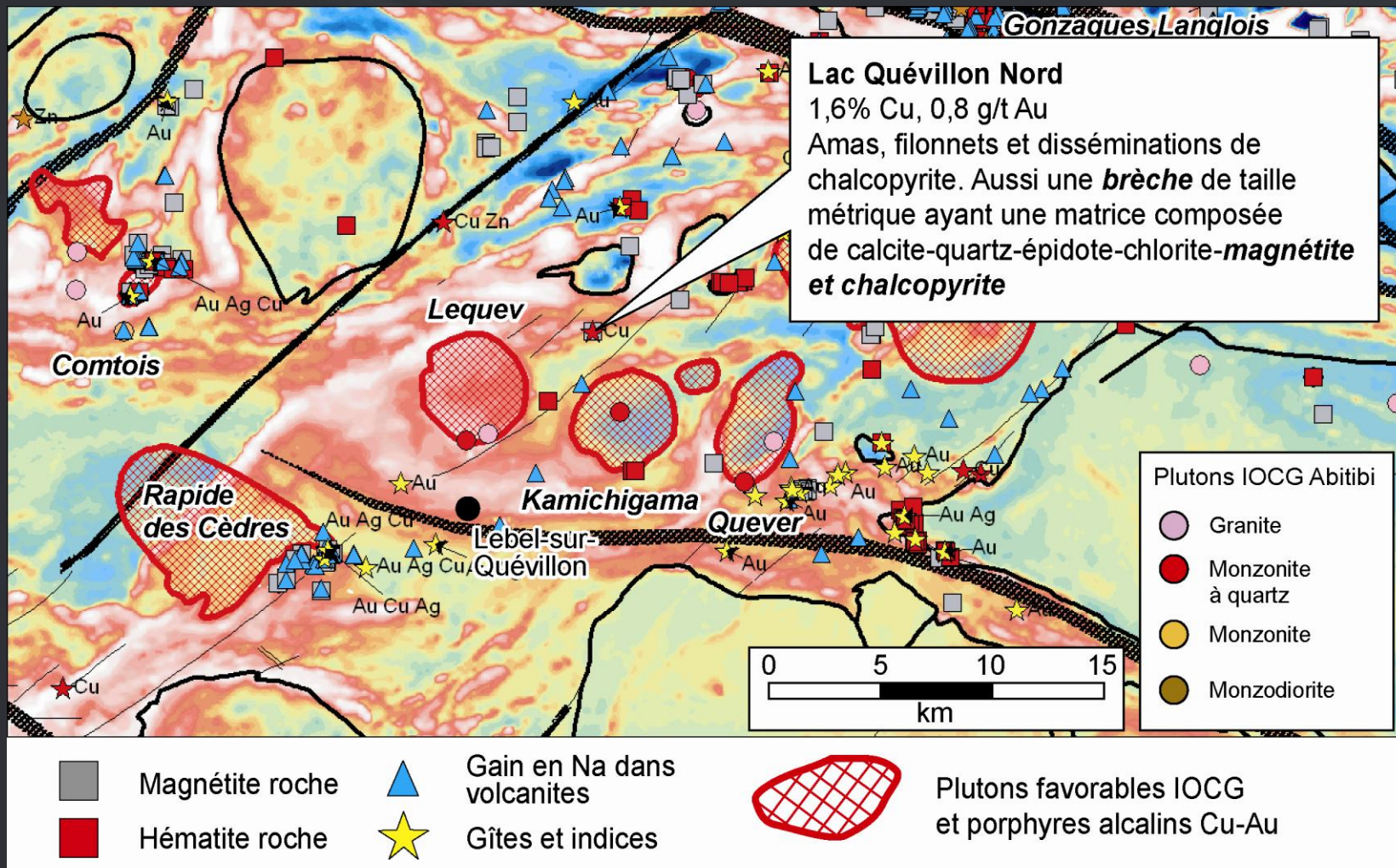
À partir de la localisation des 882 analyses favorables

Ajout de plusieurs couches d'information contenant des caractéristiques clés pour l'exploration des IOCG à l'échelle locale :

1. Carte géologique de l'Abitibi (SIGEOM 2009 modifié par le Consorem)
2. Carte magnétique (Xstrata)
3. Failles et linéaments (SIGEOM 2009 modifié par le Consorem)
4. Observation d'hématite et de magnétite (SIGEOM 2009 et base de données Consorem)
5. Gain de masse en sodium et potassium dans les roches volcaniques calculés avec la méthode des précurseurs modélisés du Consorem (base de lithogéochimie du Consorem)
6. Gîtes et indices (SIGEOM 2009)

À la recherche d'IOCG et de porphyres alcalin-calciques à Cu-Au en Abitibi

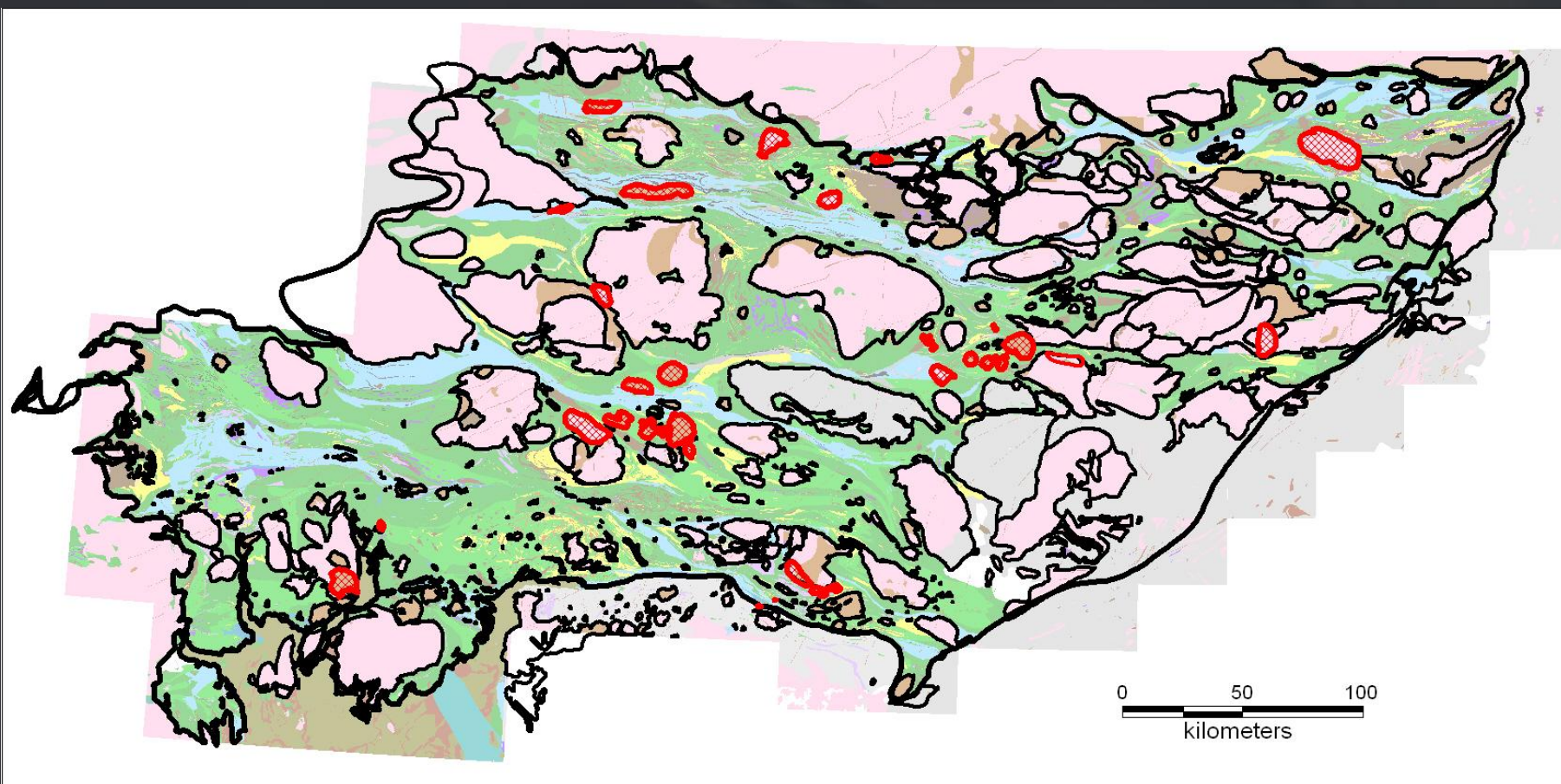
Exemple du secteur de Lebel-sur-Quévillon



Indice de chalcoppyrite intéressant associé à des failles, un contraste magnétique et situé à quelques kilomètres d'intrusions favorables

À la recherche d'IOCG et de porphyres alcalin-calciques à Cu-Au en Abitibi

Après analyse à l'échèle locale des différentes couches d'information, 33 intrusions sont interprétées comme étant favorables aux gisements d'IOCG ou de porphyres alcalins-calciques à Cu-Au



- Les intrusions génétiquement associées aux IOCG forment une série magmatique bien définie et caractérisable géochimiquement
- Les intrusions génétiquement associées aux IOCG et aux porphyres alcalins-calciques à Cu-Au sont associées à la même série magmatique des monzonites à quartz
- L'identification des intrusions favorables par une approche géochimique est un outil utile pour :
 - Identifier des cibles d'exploration à l'échelle du district
 - Générer des projets d'exploration dans de nouveaux secteurs