

Guides d'exploration régionale pour les porphyres à Cu (Au, Mo) et les skarns en Gaspésie

Projet 2014-04

Silvain Rafini

CONSOREM UQAC

*Forum CONSOREM-DIVEX
23 mai 2017 – Val d'Or*

AngloAmerican

OSISKO
EXPLORATION

ARIANNE
Phosphate

StriaCapital

RICHMONT

FOCUS
GRAPHITE

SOQUEM

GLENCORE

VIRGINIA

MIDLAND
EXPLORATION

UQAM

CRÉ CONFÉRENCE RÉGIONALE DES ÉLUS
SAINT-JEAN-SANT-JOVEN
CONCERTATION

URSTM/UQAT

Économie
Innovations
et Exportations
Québec

Canada Développement
économique Canada

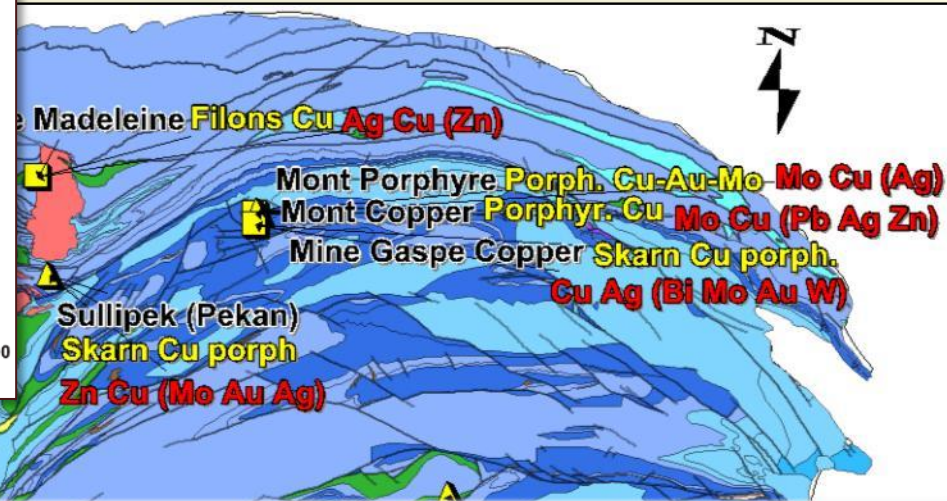
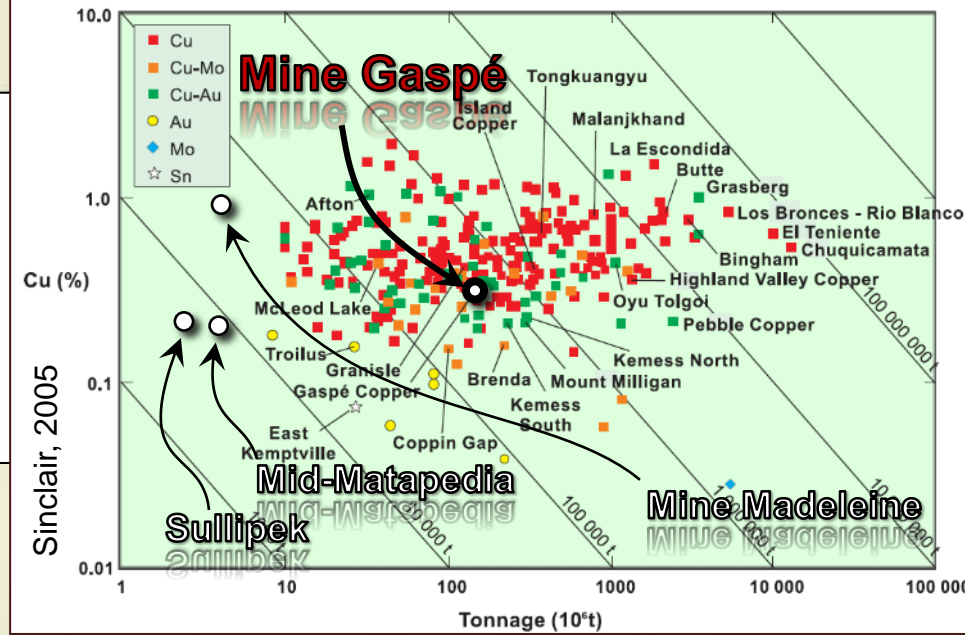
Énergie et Ressources
naturelles
Québec

GEM

UQAC

du projet

hydrothermaux-magmatiques de la Gaspésie



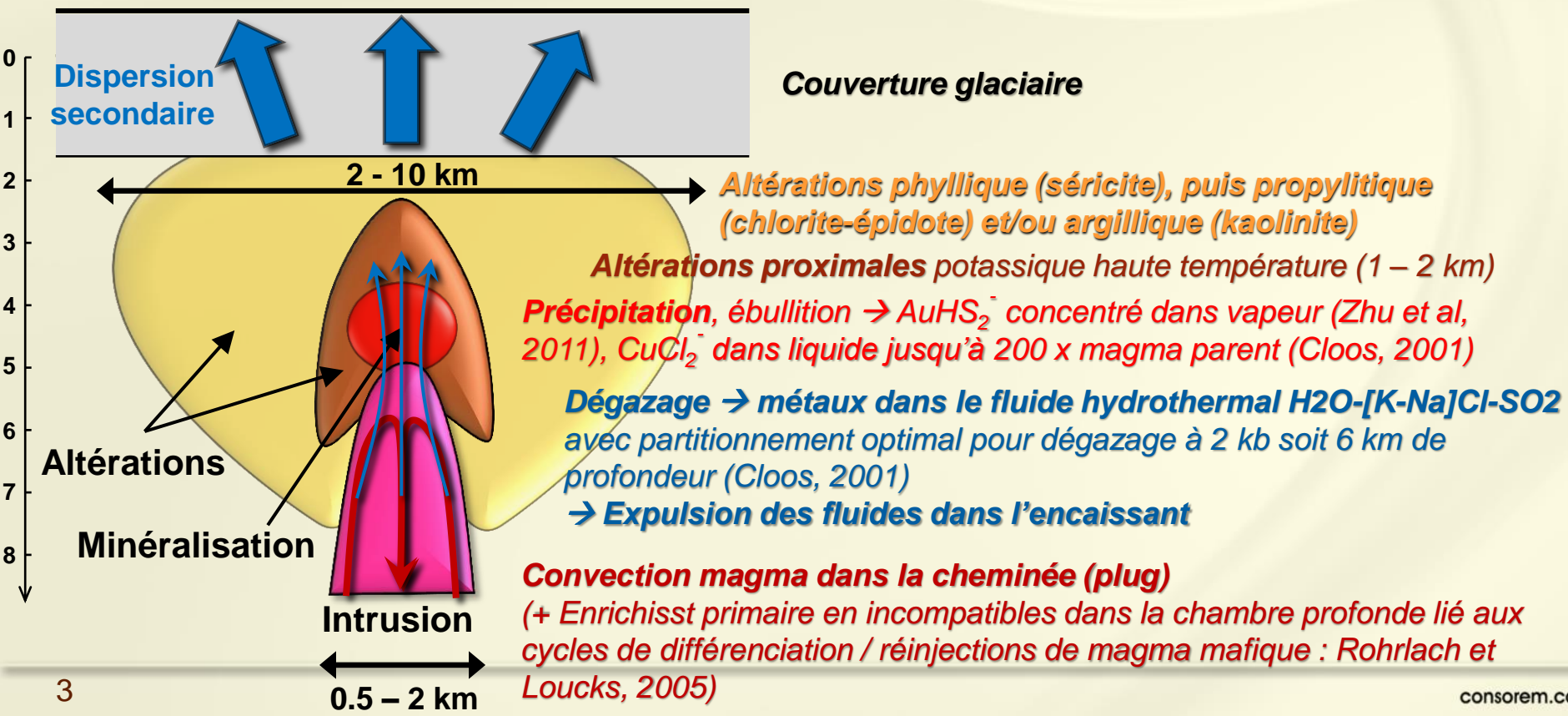
- L'existence d'un gîte majeur unique isolé est statistiquement très peu probable, et métallogéniquement très peu vraisemblable
- La péninsule de Gaspésie demeure une région à fort potentiel pour des gîtes porphyriques/skarns importants

St Andre 1

Objectifs du projet

- Développer nouvelles approches pour l'exploration des gîtes porphyriques et skarns en Gaspésie
- Revisiter les données avec de nouvelles idées
- Réévaluer le potentiel et proposer de nouvelles stratégies d'exploration

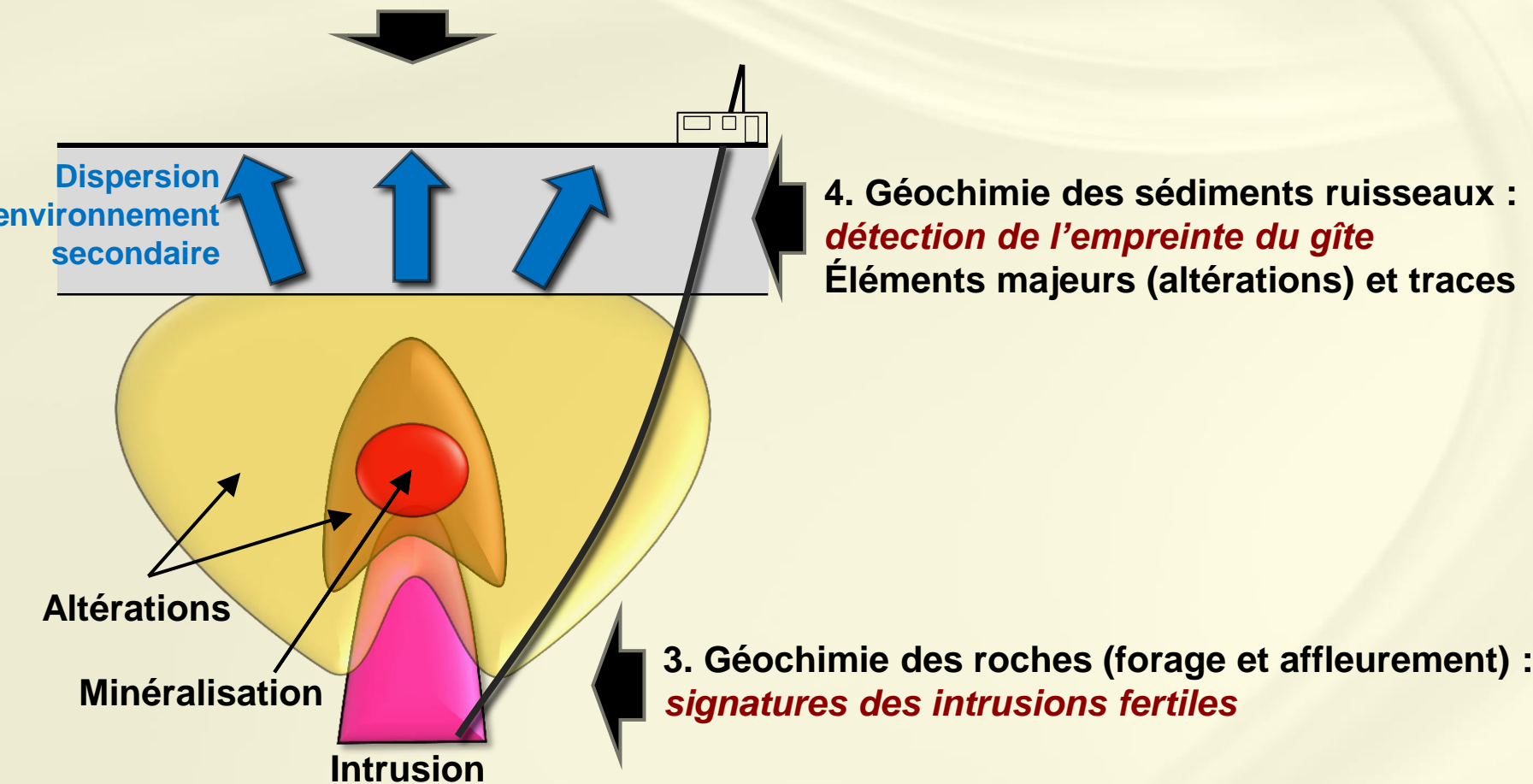
1. Intrusion très superficielle à partir d'un batholite sous-jacent. Magma calco-alcalin à alcalin, oxydant, hydraté. Crist. fract. → enrichit métaux (en présence Cl, S) et saturation en volatils
2. Dégazage tardif → très haute P_{fluide} → migration verticale des fluides dans un réseau de fractures hydrauliques (+ pénétration pervasive dans la porosité interstitielle)
3. Précipitation des sulfures dans l'encaissant dans le réseau de fractures (+ disséminations) à l'aplomb de l'intrusion causée par baisse de P, T et ébullition (3 - 4 km) et/ou baisse de f_{O_2}



Stratégies d'exploration abordées

2. Géophysique haute-résolution :
détection directe des intrusions (et
auréoles métasomatiques ?)

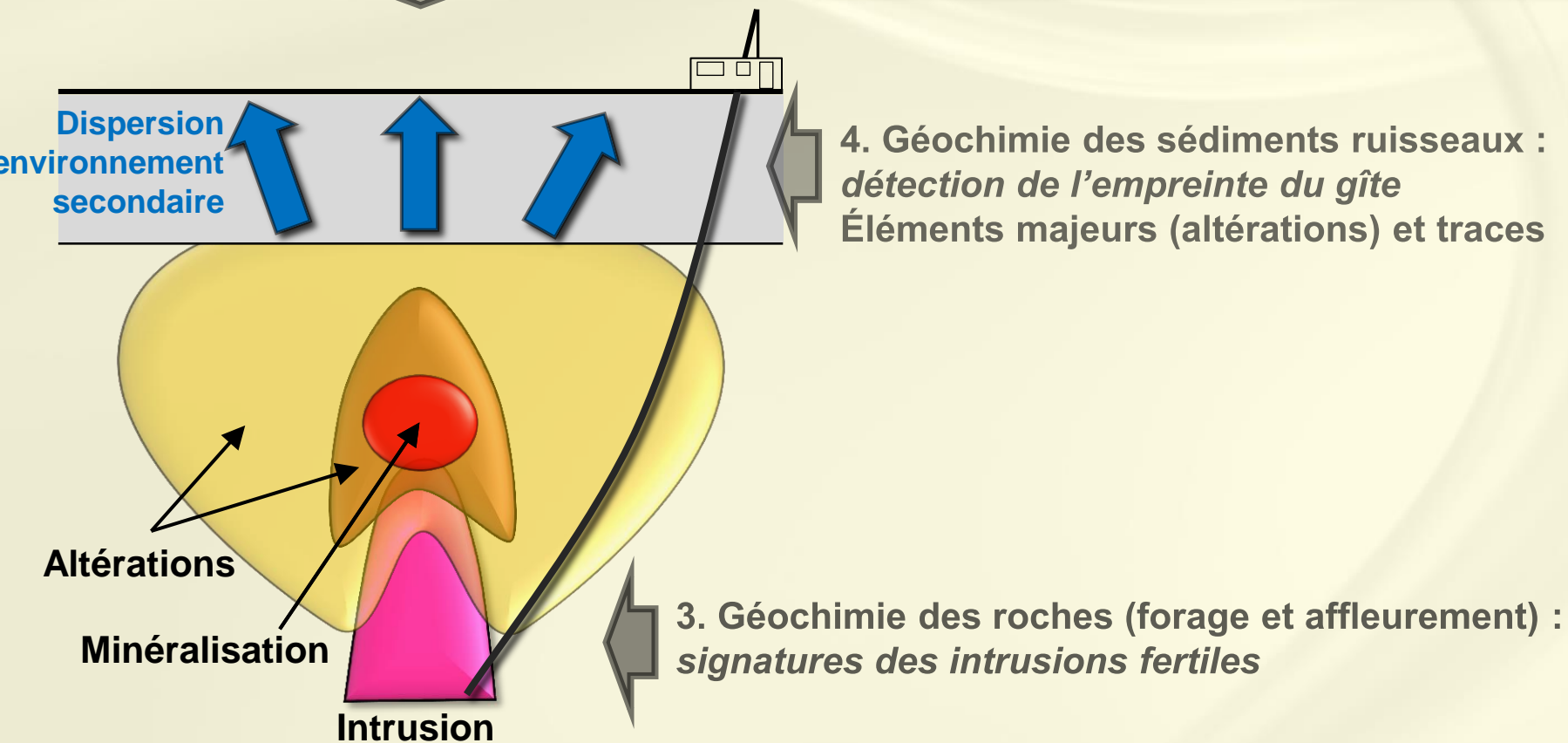
1. Reconnaissance régionale : **contextes
géologiques et structuraux favorables**

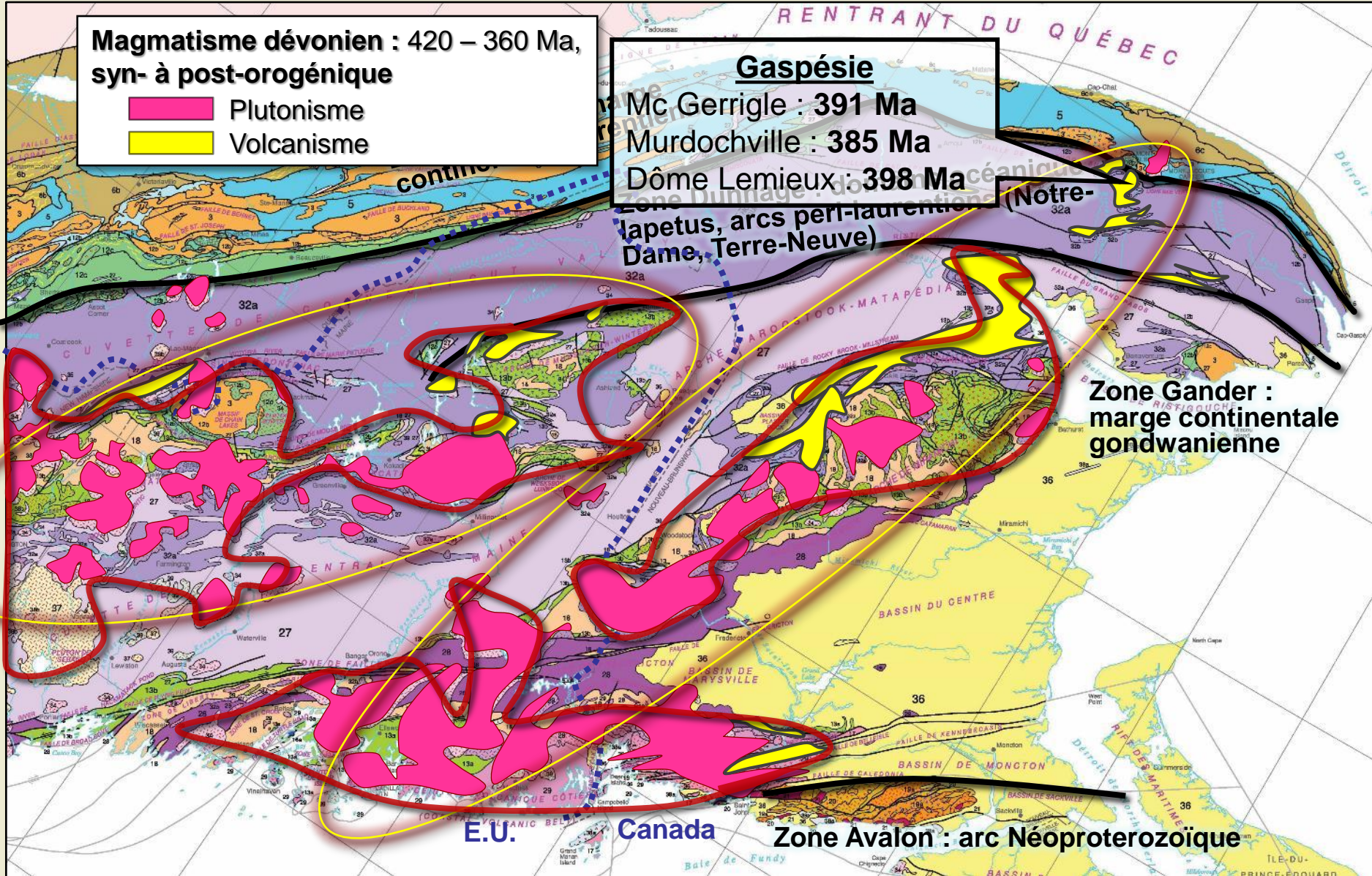


Stratégies d'exploration abordées

2. Géophysique haute-résolution :
*détection directe des intrusions (et
auréoles métasomatiques ?)*

1. Reconnaissance régionale : **contextes
géologiques et structuraux favorables**





**Ceinture acadienne NB :
affleurant**

- Moyennes LO = masses magmatiques sous-jacentes
- Petites LO = intrusions affleurantes (plutons, batholites)

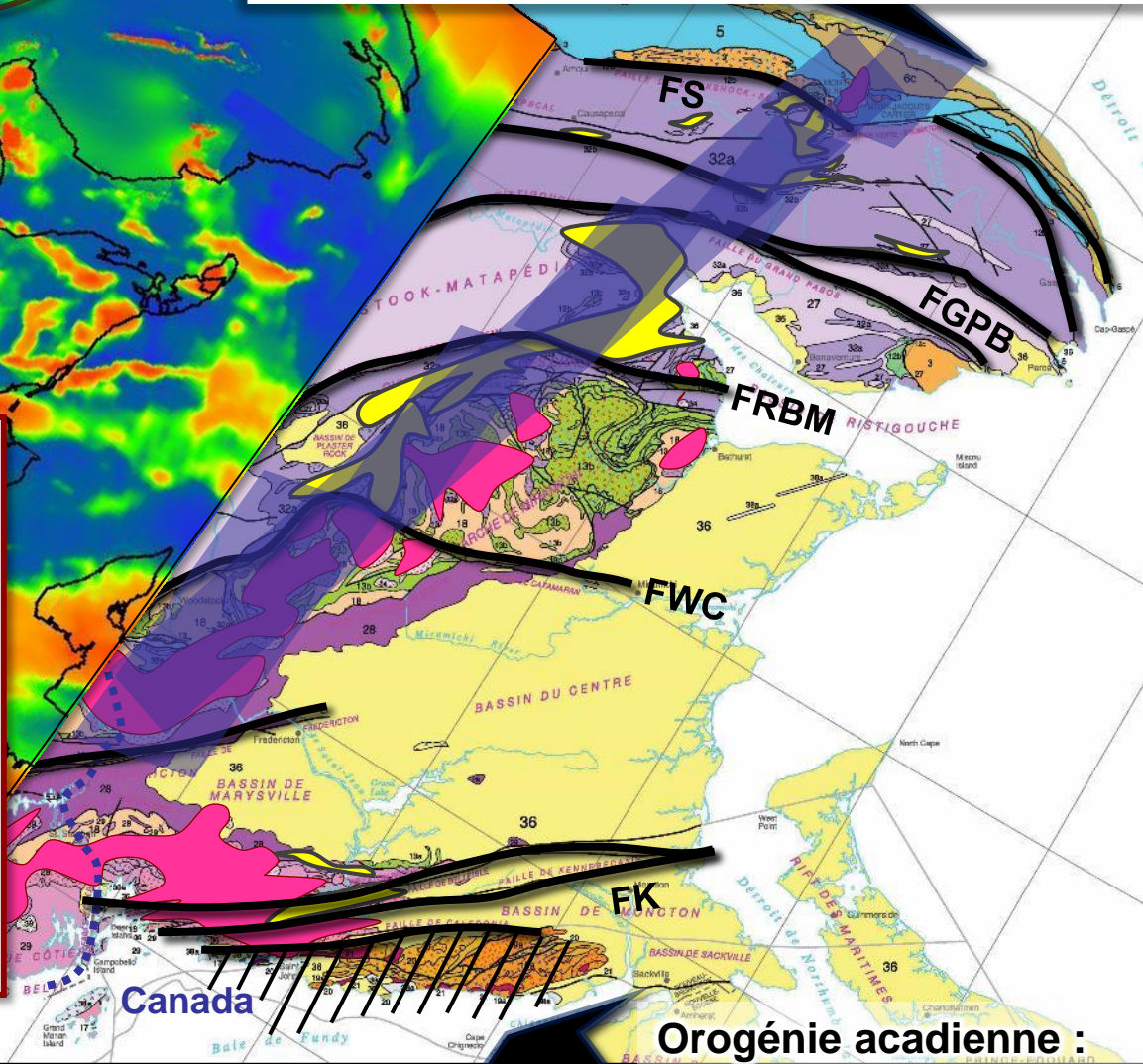
Prolongation QC : enfoui sous le bassin Gaspé

- Haut mag de grande LO = **importantes masses magmatiques en profondeur**
- Petites LO plus rares (plutons superficiels, subvolcanisme et volcanisme)

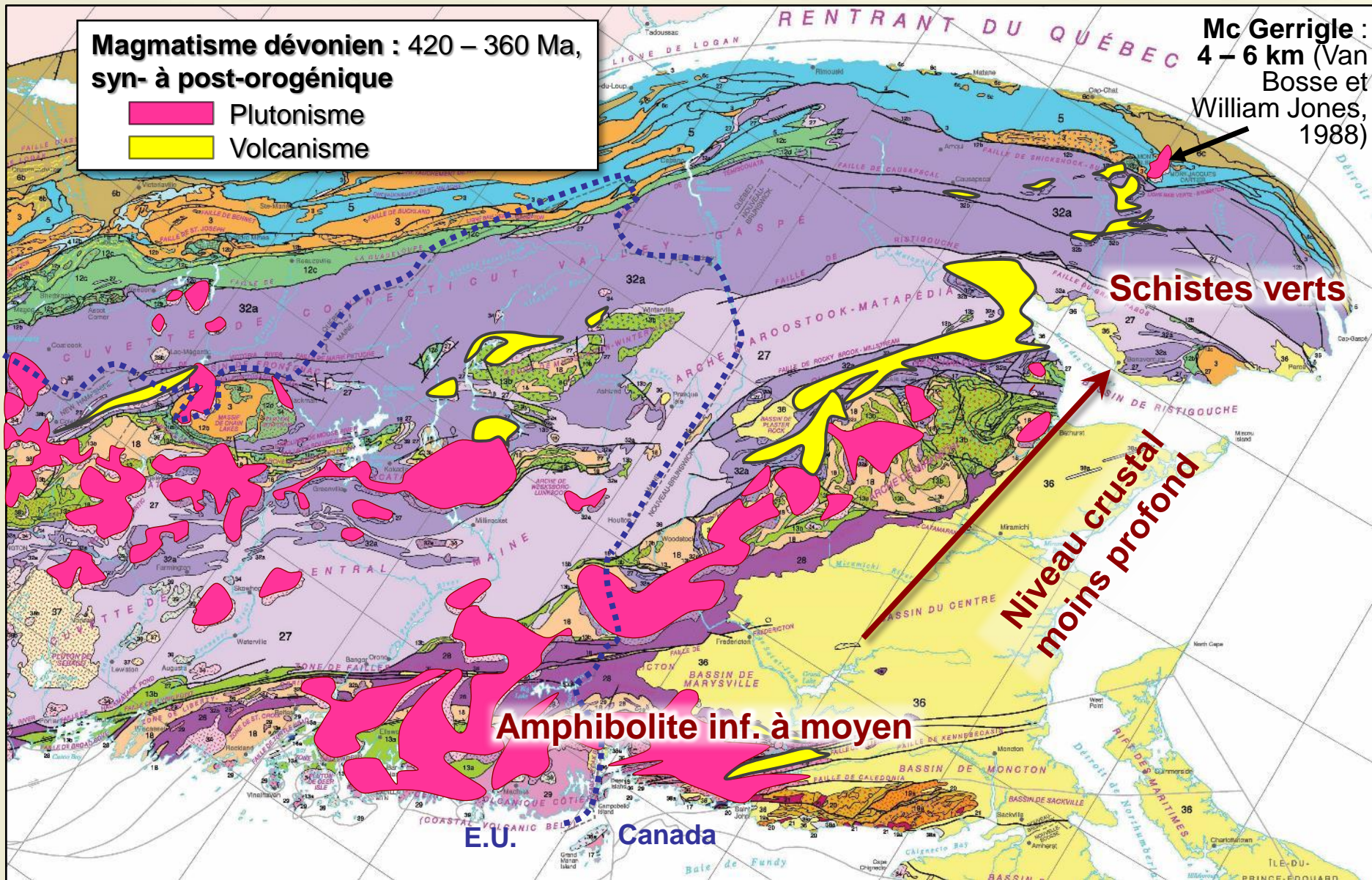
**Continuité de la ceinture magmatique (arc)
= continuité métallogénique**

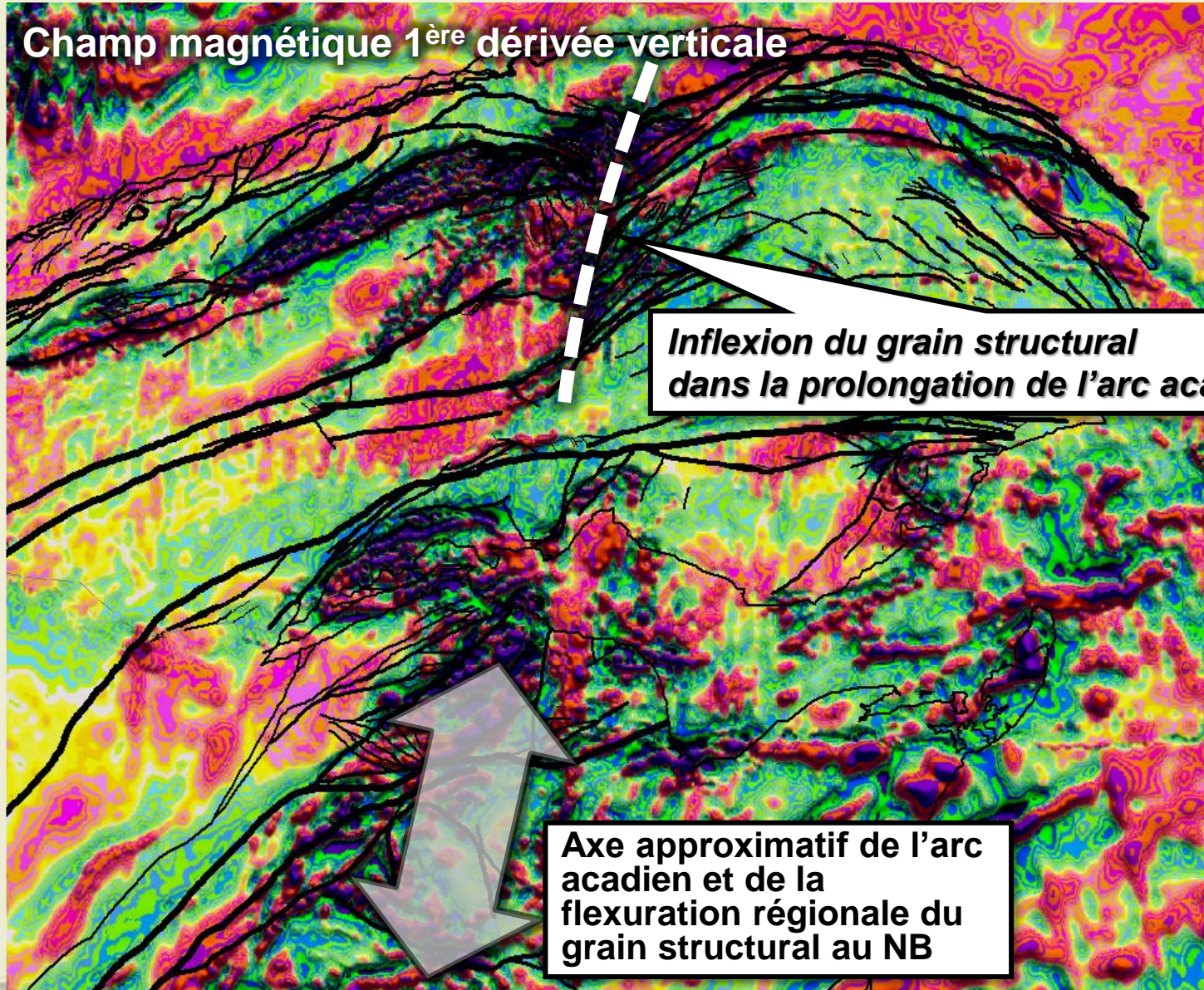
La ceinture magmatique acadienne est un métallotecte bien documenté (Au, W, Sb, Mo, Cu, Sn)

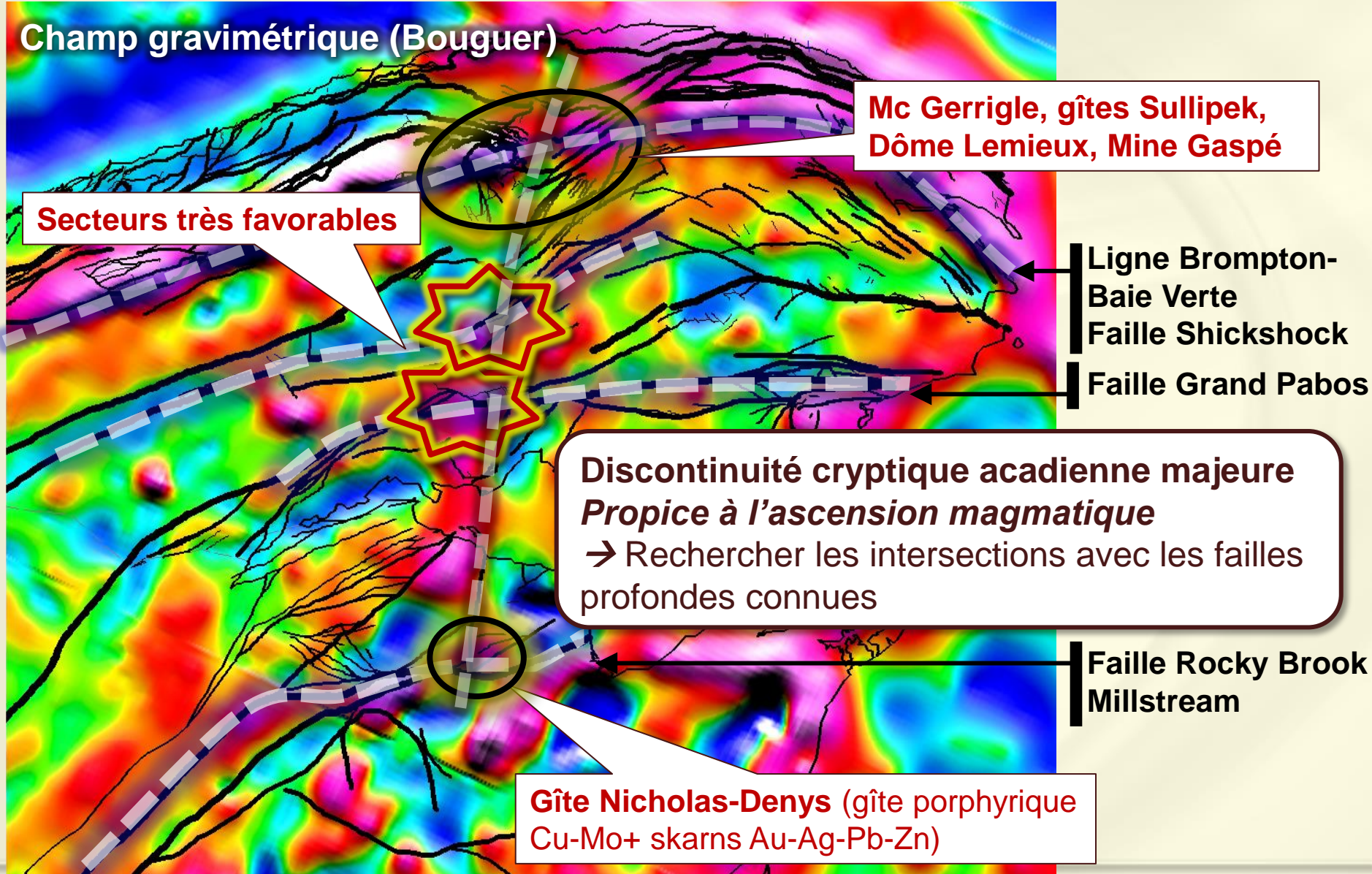
→ Guides d'exploration au QC, cf. volet « géochimie des intrusions fertiles »



**Orogénie acadienne :
accrétion oblique de
bloc continental Avalon.**



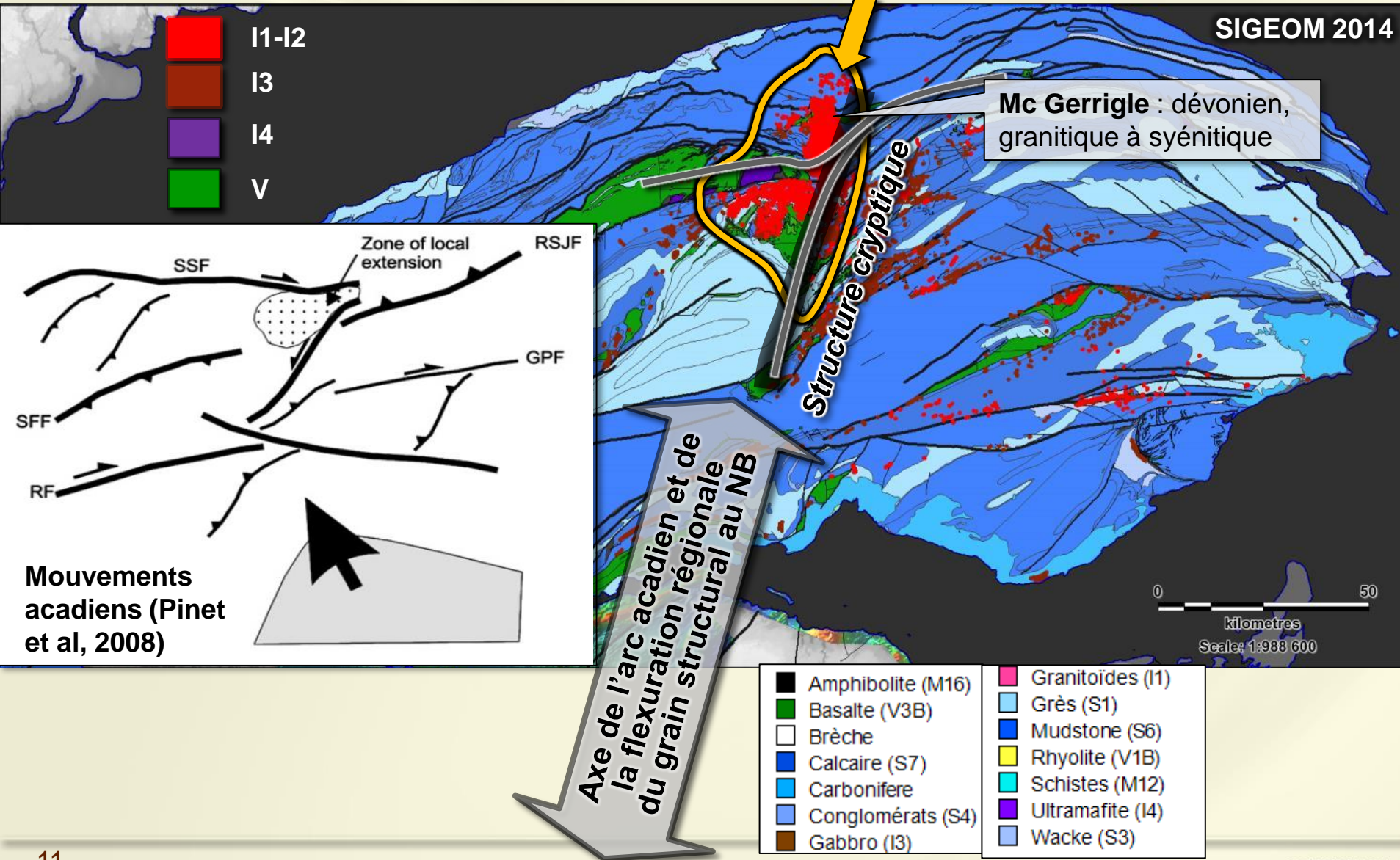




Contextes régionaux favorables : structures profondes

« Triangle igné » : très gros volume de
roches plutoniques et subvolcaniques

SIGEOM 2014

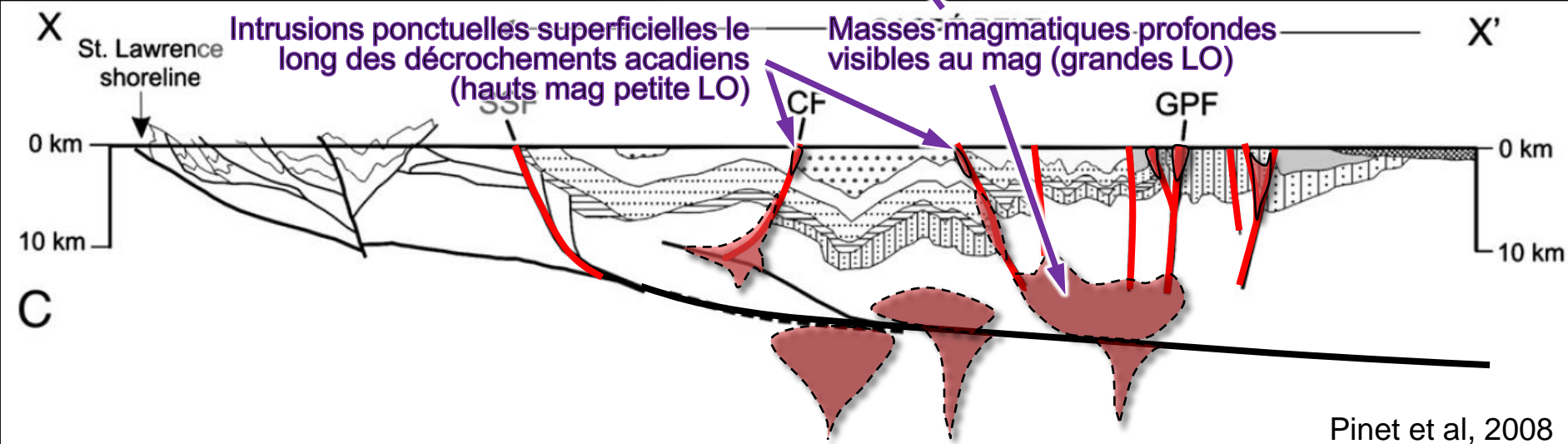
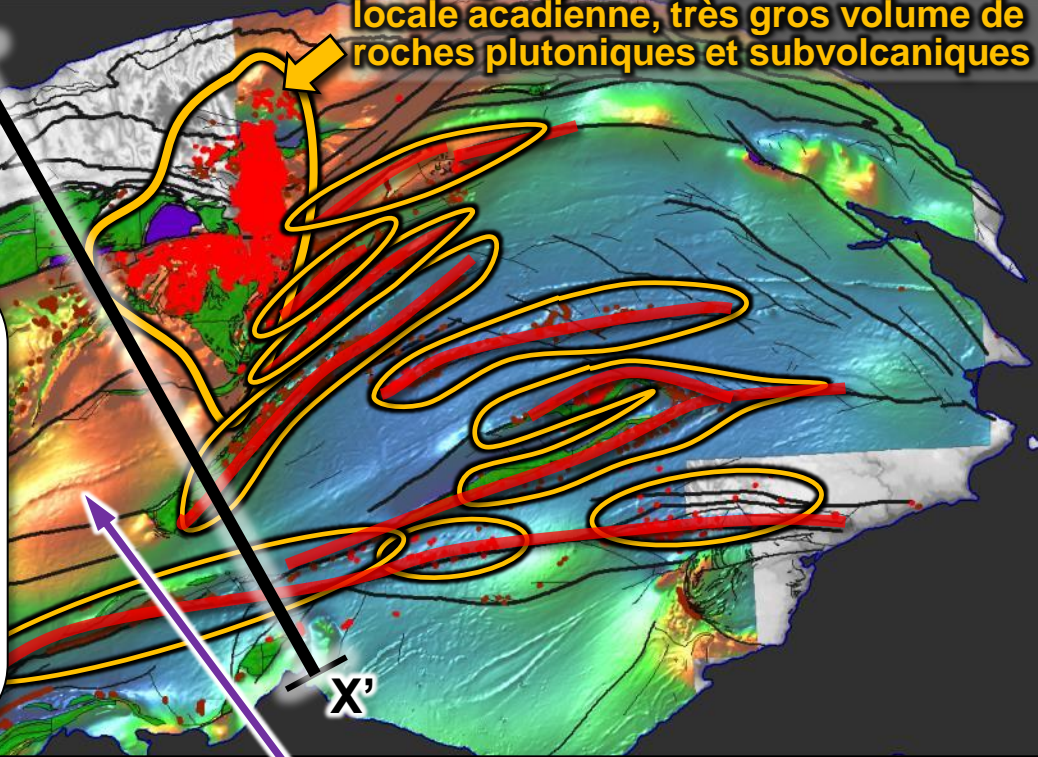


Contextes régionaux favorables : structures profondes

« Triangle igné » : zone d'extension locale acadienne, très gros volume de roches plutoniques et subvolcaniques



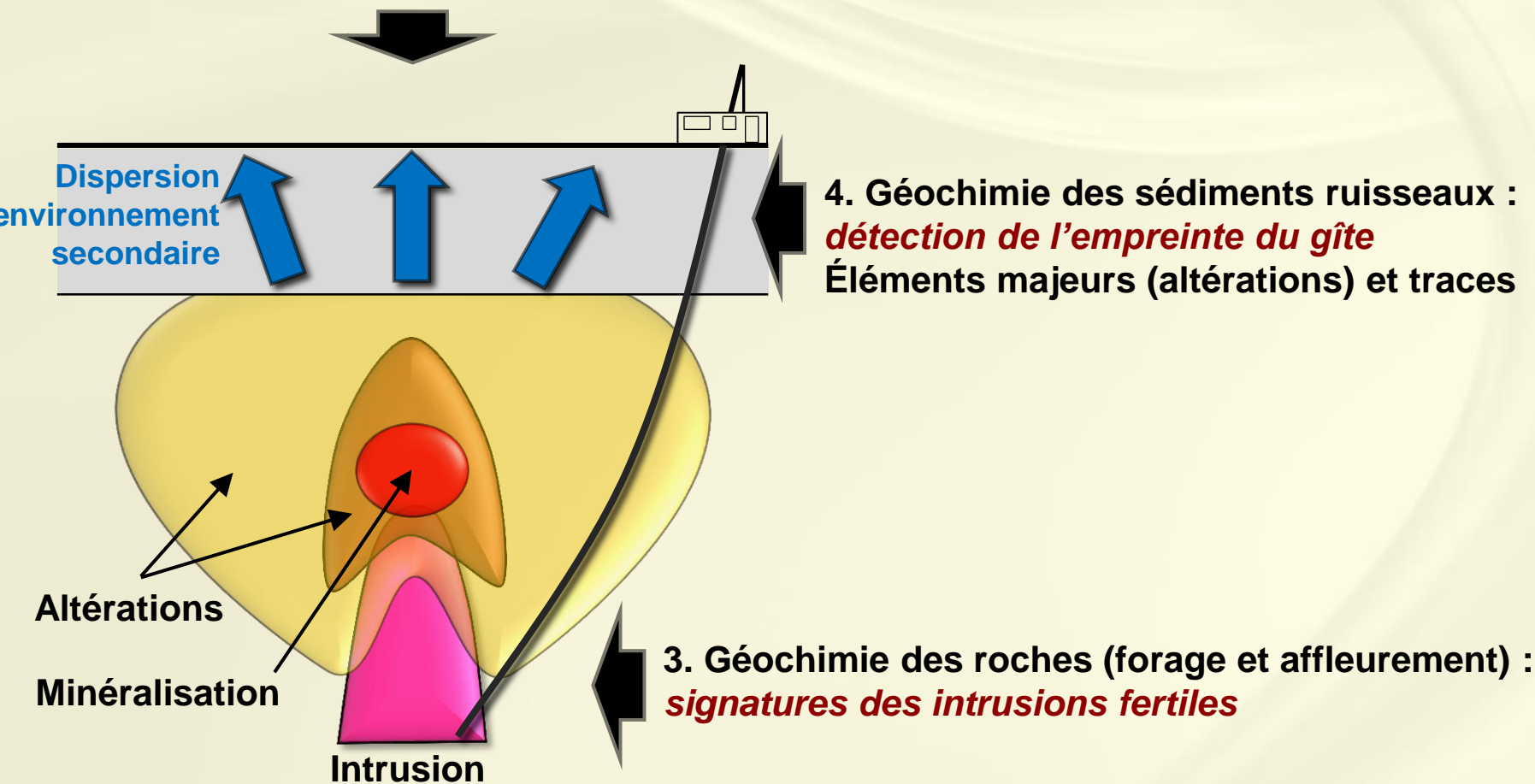
- Vecteurs structuraux :
- **Zones exhumées** à la faveur de failles profondes
 - Régions de faible épaisseur de sédiments (**cœurs anticlinaux**)
 - **Drains magmatiques** le long et aux intersections de **structures acadiennes profondes**



Stratégies d'exploration abordées

2. Géophysique haute-résolution :
détection directe des intrusions (et
auréoles métasomatiques ?)

1. Reconnaissance régionale : **contextes
géologiques et structuraux favorables**



Stratégies d'exploration abordées

2. Géophysique haute-résolution :
détection directe des intrusions (et
auréoles métasomatiques ?)



1. Reconnaissance régionale : *contextes géologiques et structuraux favorables*

Dispersion
environnement
secondaire



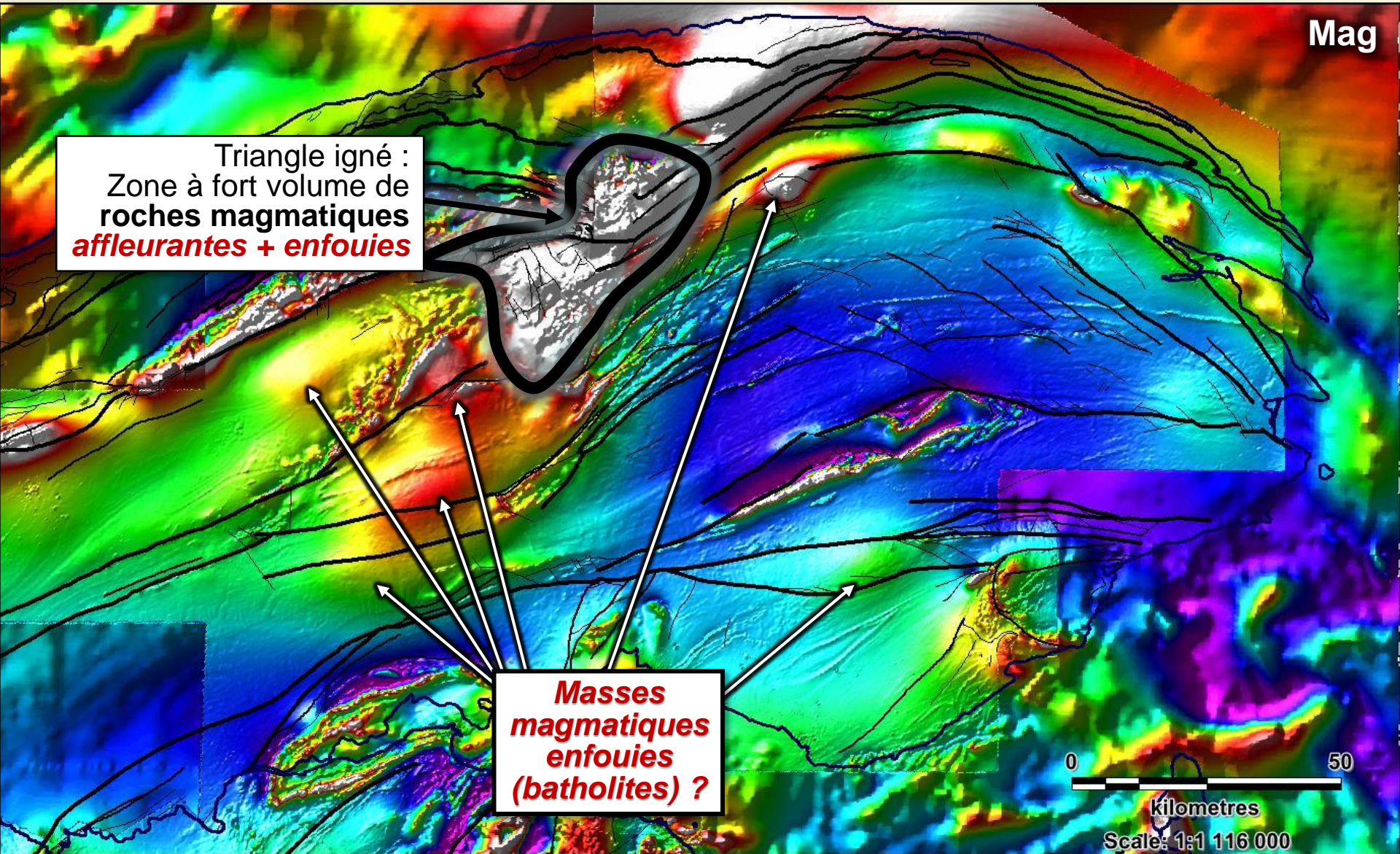
4. Géochimie des sédiments ruisseaux :
détection de l'empreinte du gîte
Éléments majeurs (altérations) et traces

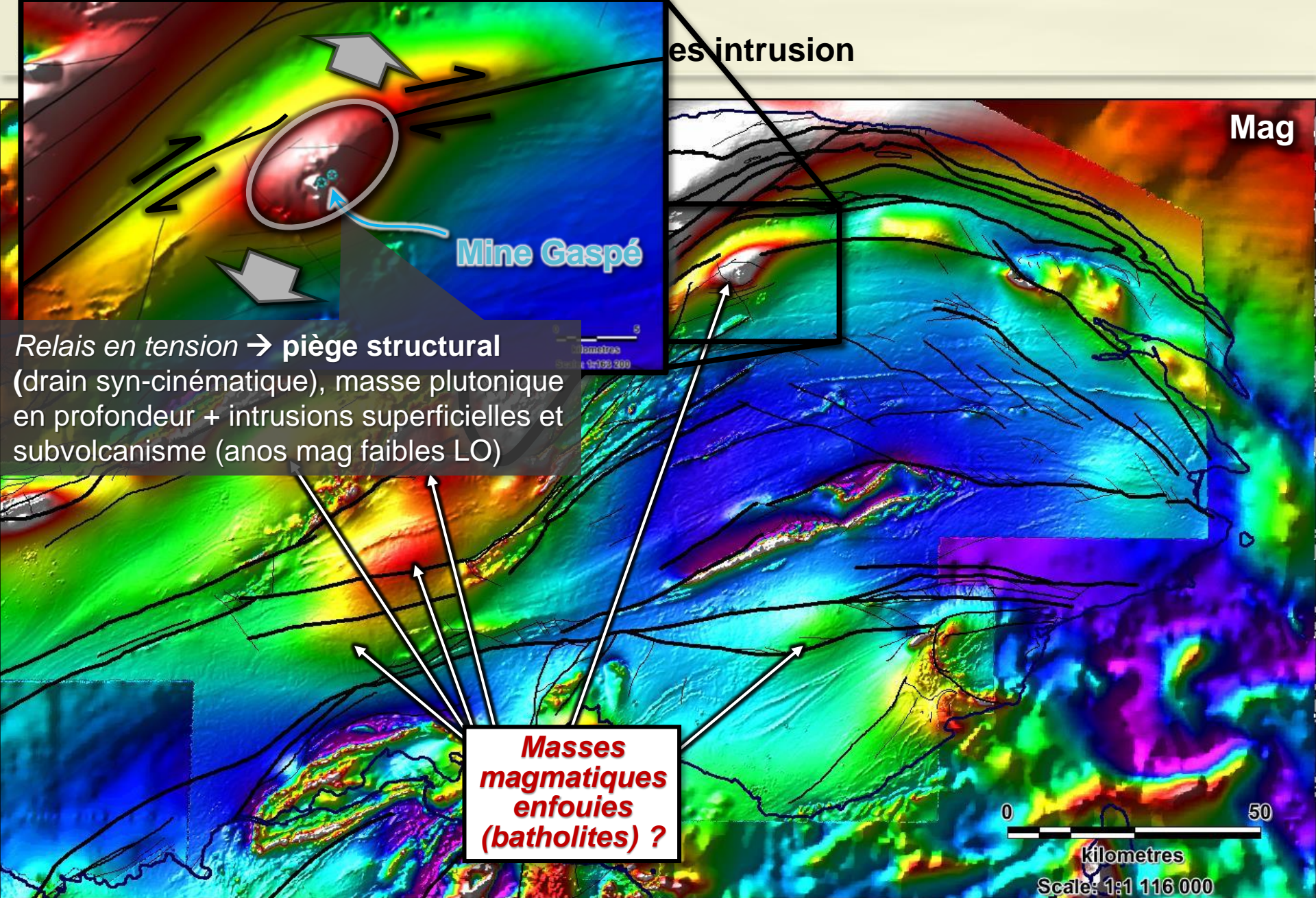
Altérations

Minéralisation

Intrusion

3. Géochimie des roches (forage et affleurement) :
signatures des intrusions fertiles





es intrusion

Mag

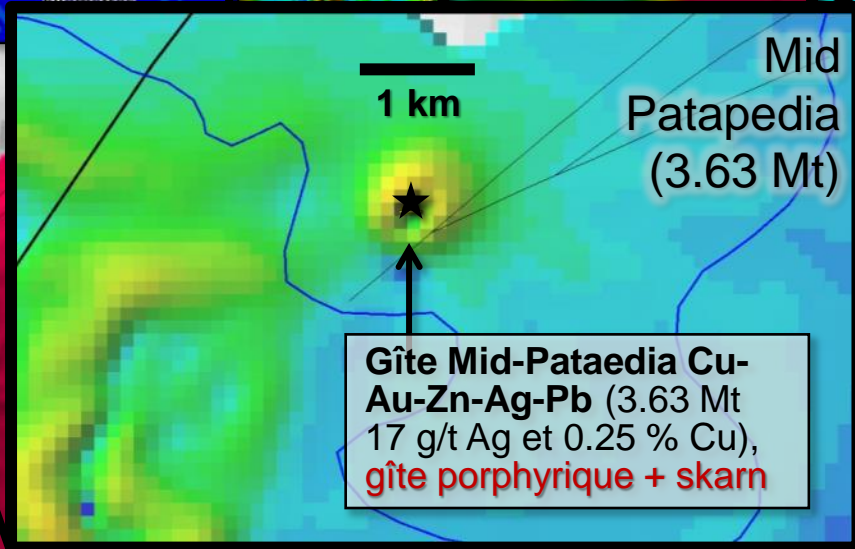
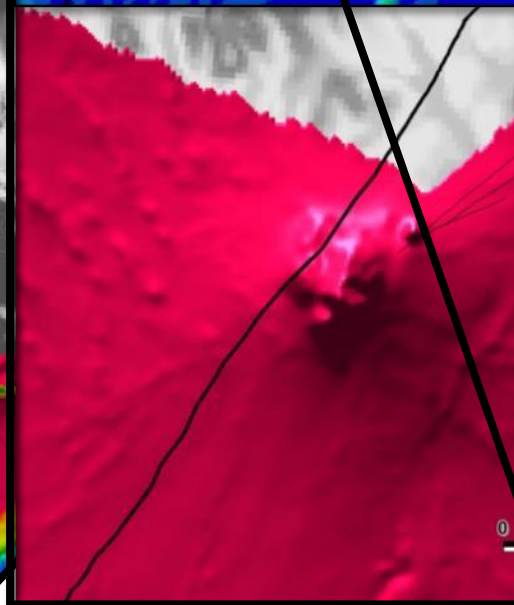
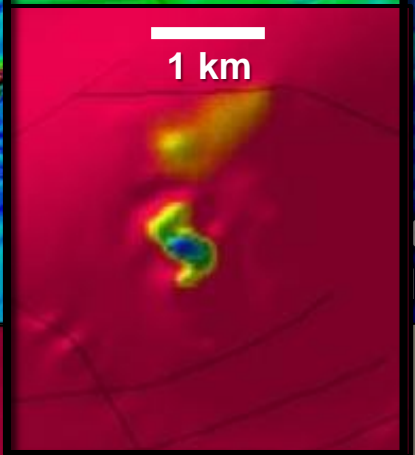
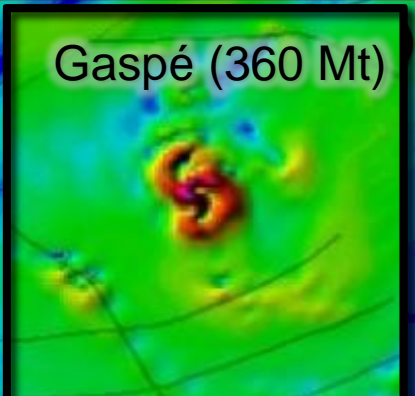
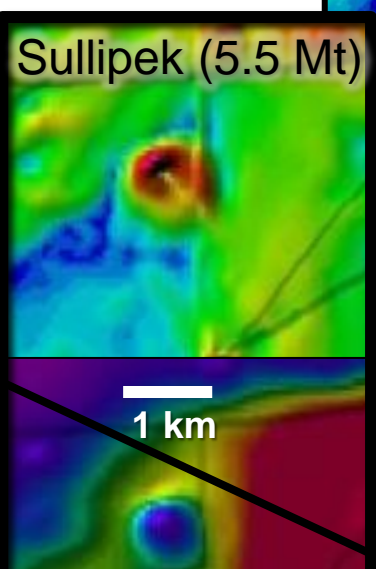
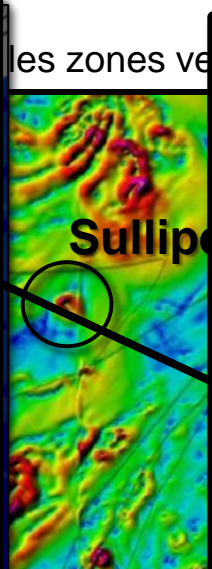
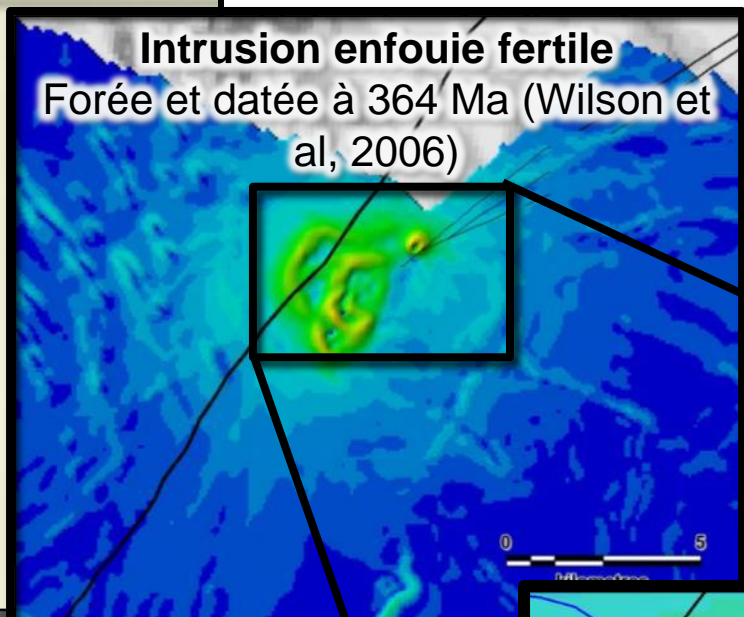
Mine Gaspé

Relais en tension → piège structural
 (drain syn-cinématique), masse plutonique
 en profondeur + intrusions superficielles et
 subvolcanisme (anos mag faibles LO)

**Masses
 magmatiques
 enfouies
 (batholites) ?**

0 50
 Kilometres
 Scale: 1:1 116 000

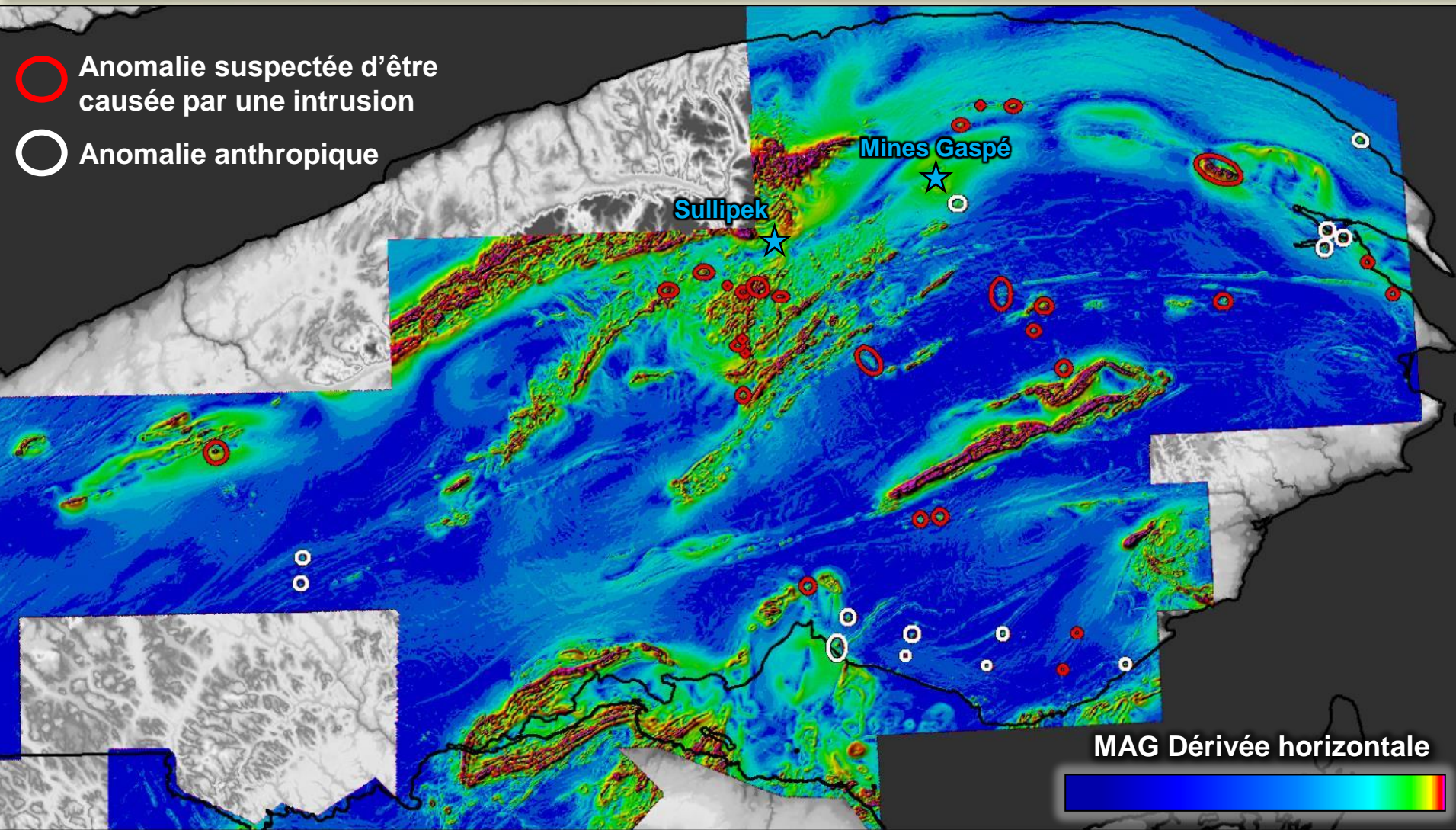
Dérivée horizontale : fait ressortir les contacts verticaux avec forts contrastes de susceptibilité magnétique



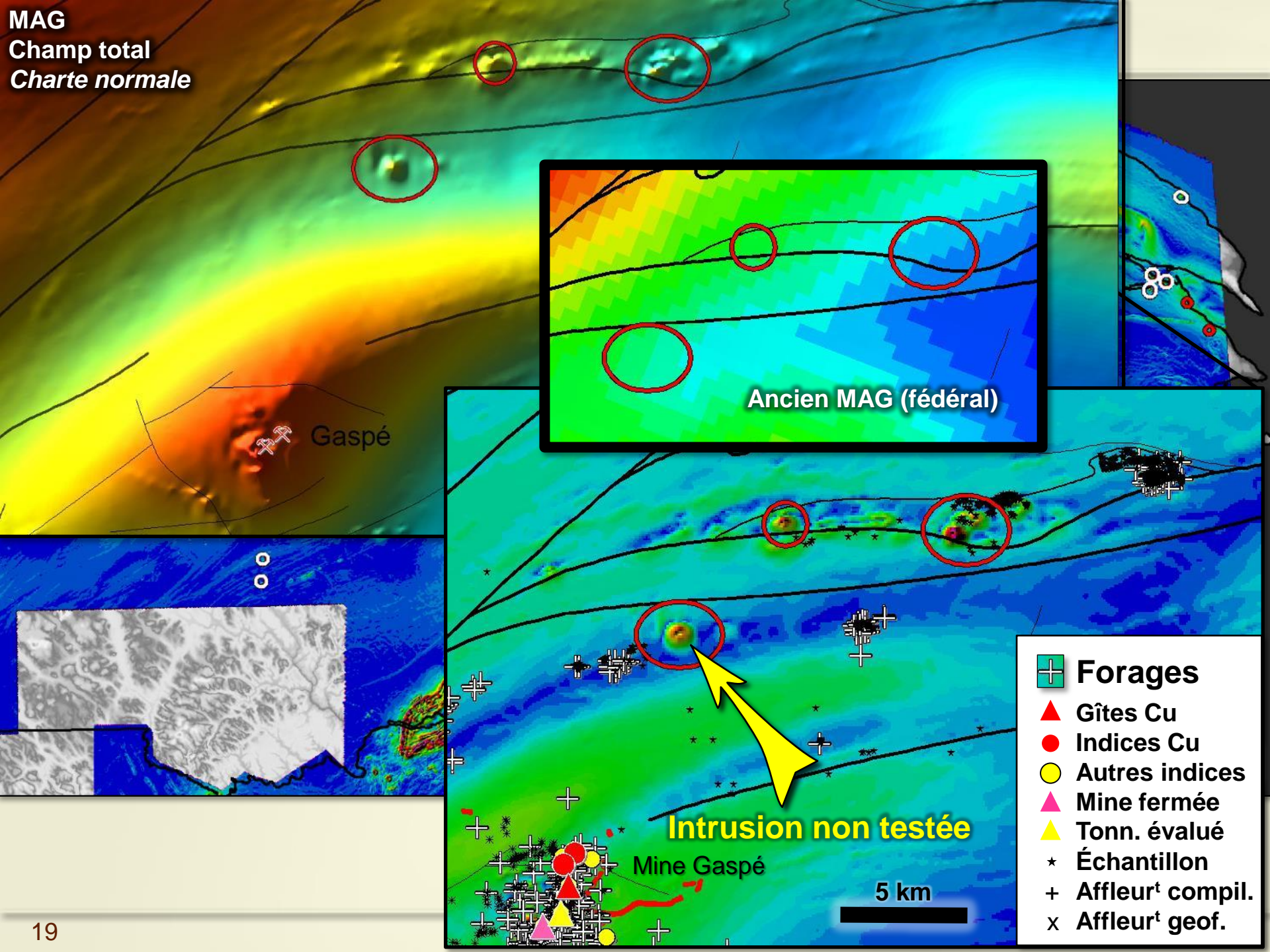
anomalies de susceptibilité magnétique → **corps magmatiques**



MAG
Résiduelle

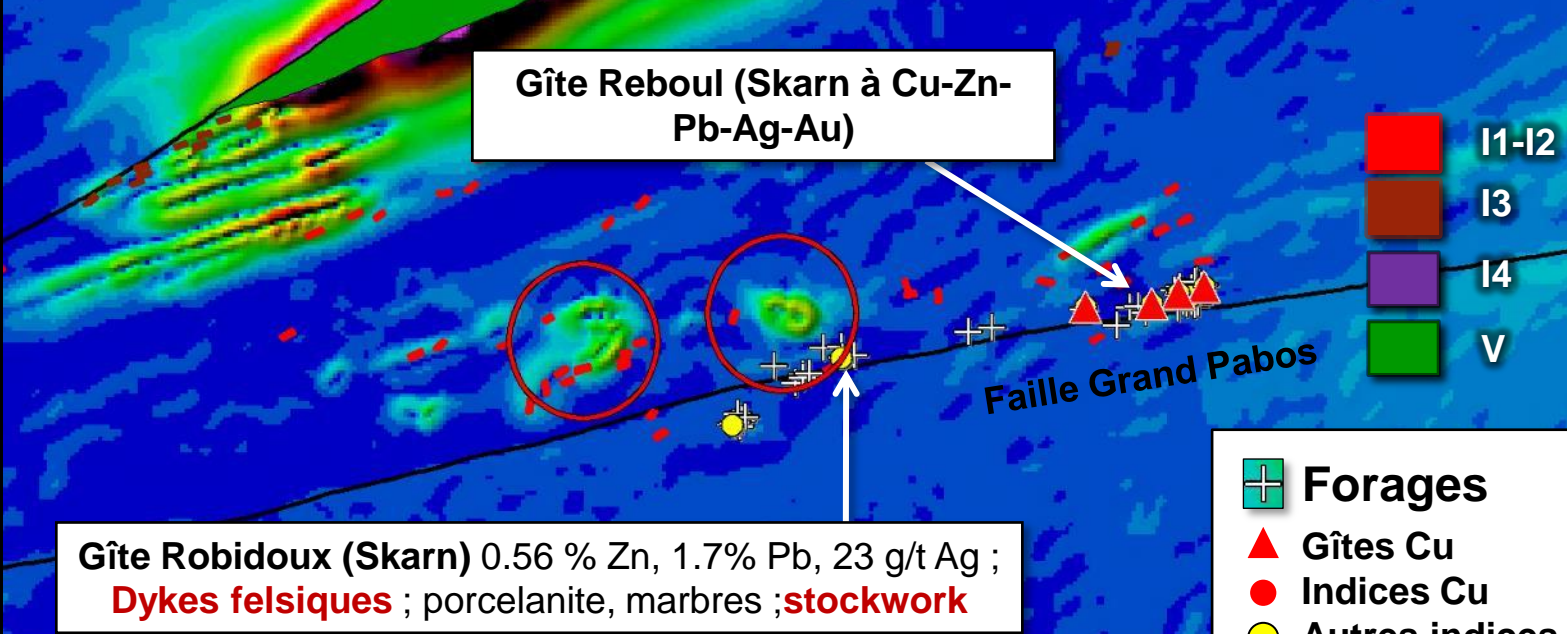


MAG
Champ total
Charte normale



- Anomalie sus causée par ur
- Anomalie anti

Gîte Reboul (Skarn à Cu-Zn-Pb-Ag)

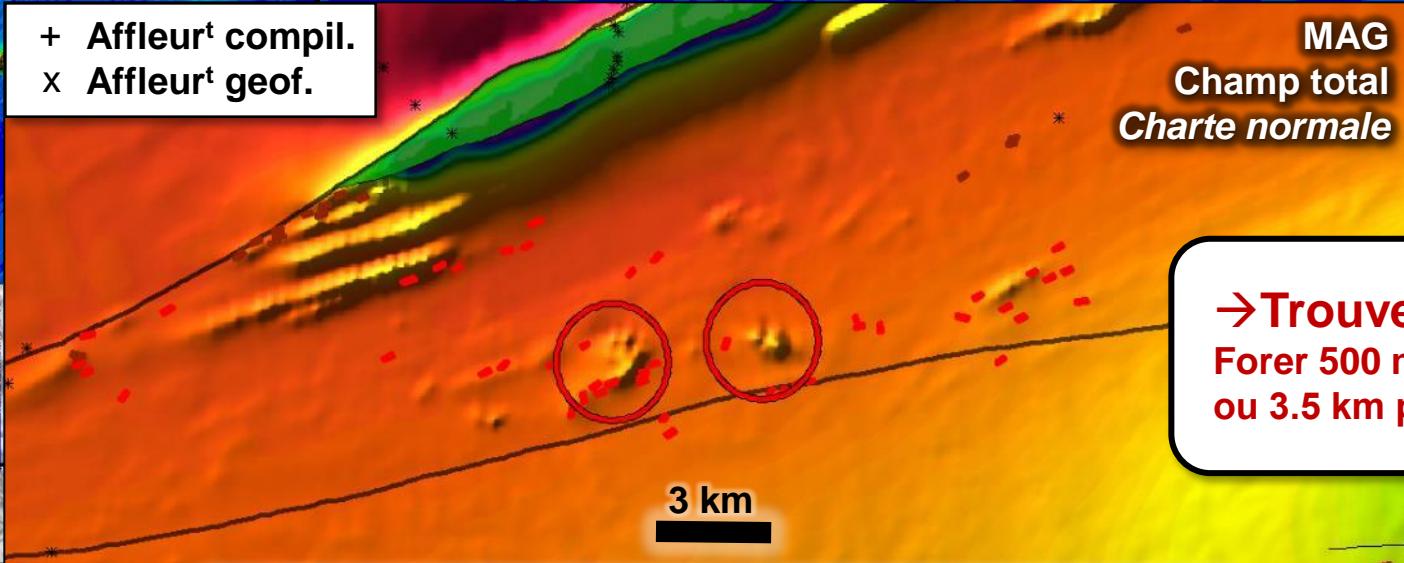


- I1-I2
- I3
- I4
- V

Gîte Robidoux (Skarn) 0.56 % Zn, 1.7% Pb, 23 g/t Ag ;
Dykes felsiques ; porcelanite, marbres ; **stockwork**

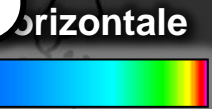
- + Forages
- ▲ Gîtes Cu
- Indices Cu
- Autres indices

- + Affleur^t compil.
- x Affleur^t geof.



→ Trouver le stock !!
Forer 500 m plus au nord
ou 3.5 km plus à l'ouest

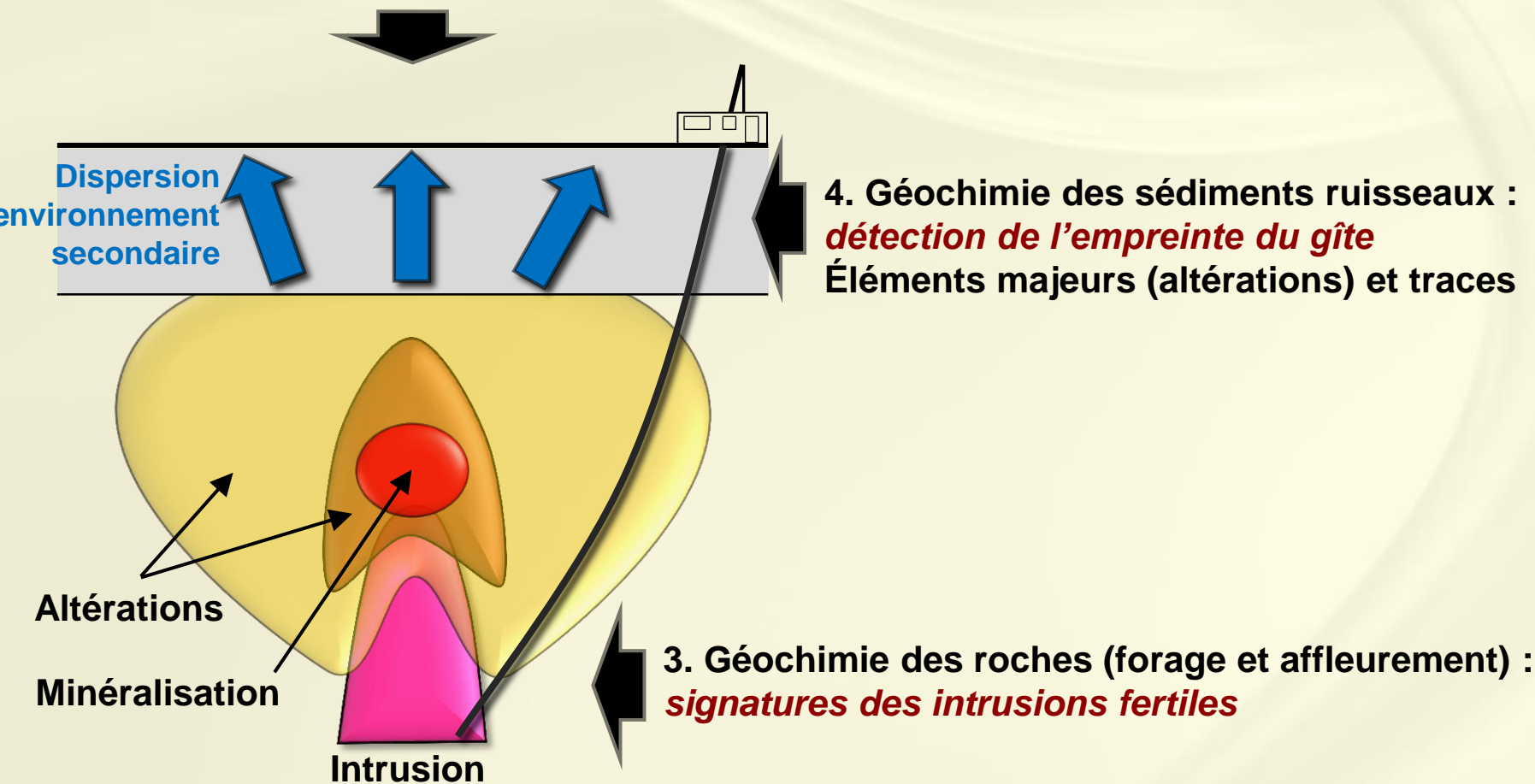
Augmentation locale de densité de dykes felsiques
Haut mag ponctuel, patatoïde
Proche d'une faille majeure (Grand Pabos)
Skarn connus....



Stratégies d'exploration abordées

2. Géophysique haute-résolution :
détection directe des intrusions (et
auréoles métasomatiques ?)

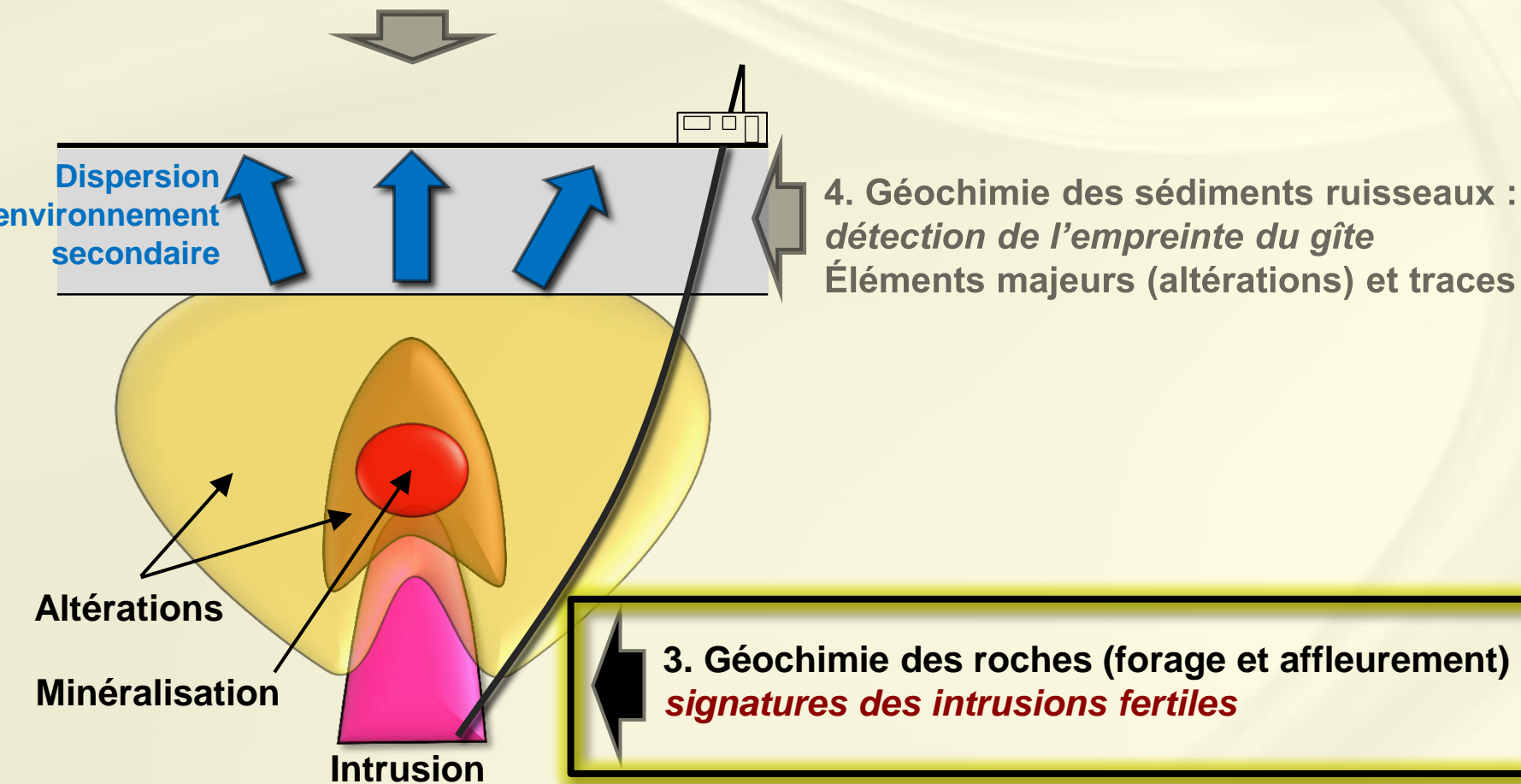
1. Reconnaissance régionale : **contextes
géologiques et structuraux favorables**



Stratégies d'exploration abordées

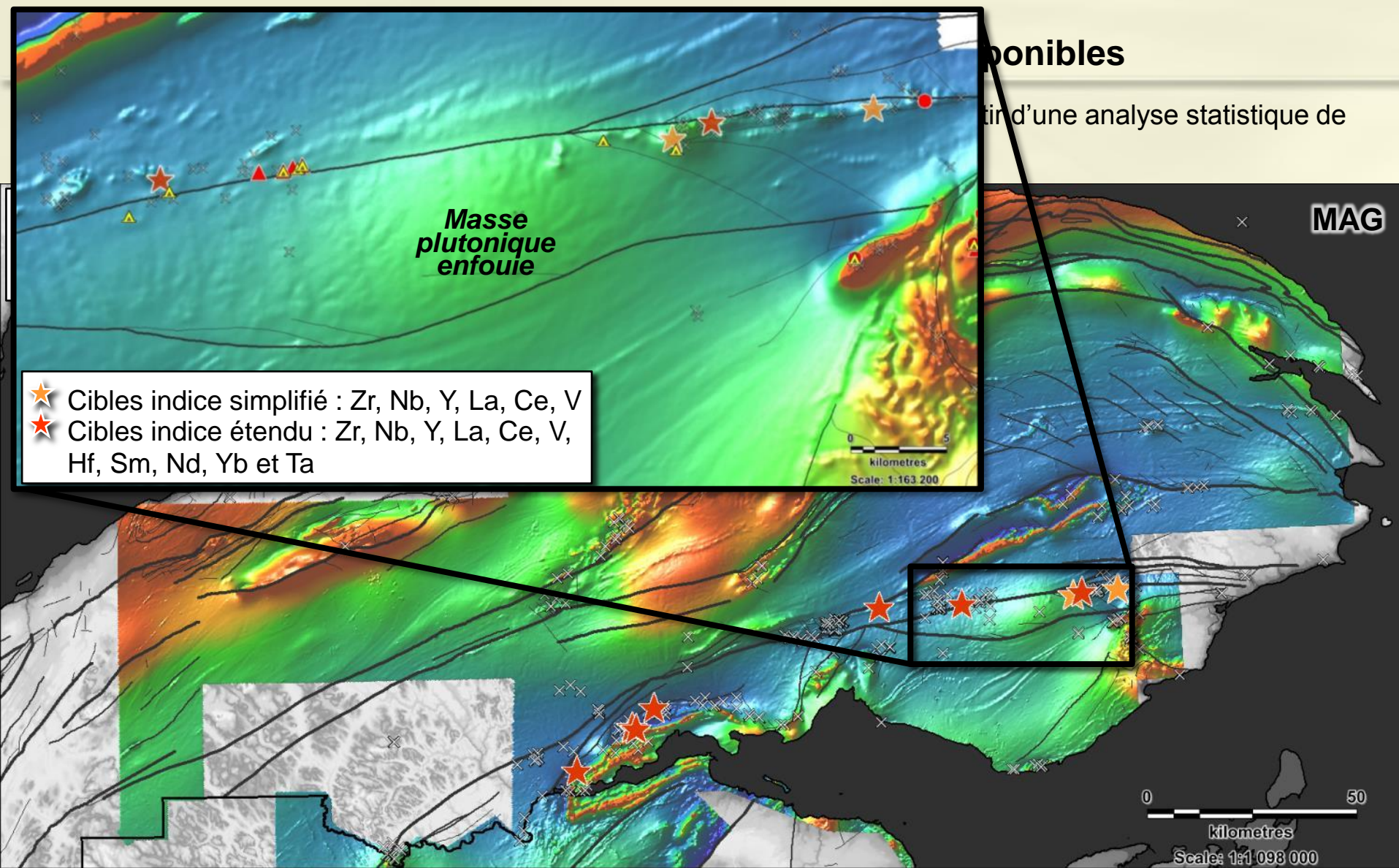
2. Géophysique haute-résolution :
détection directe des intrusions (et auréoles métasomatiques ?)

1. Reconnaissance régionale : *contextes géologiques et structuraux favorables*



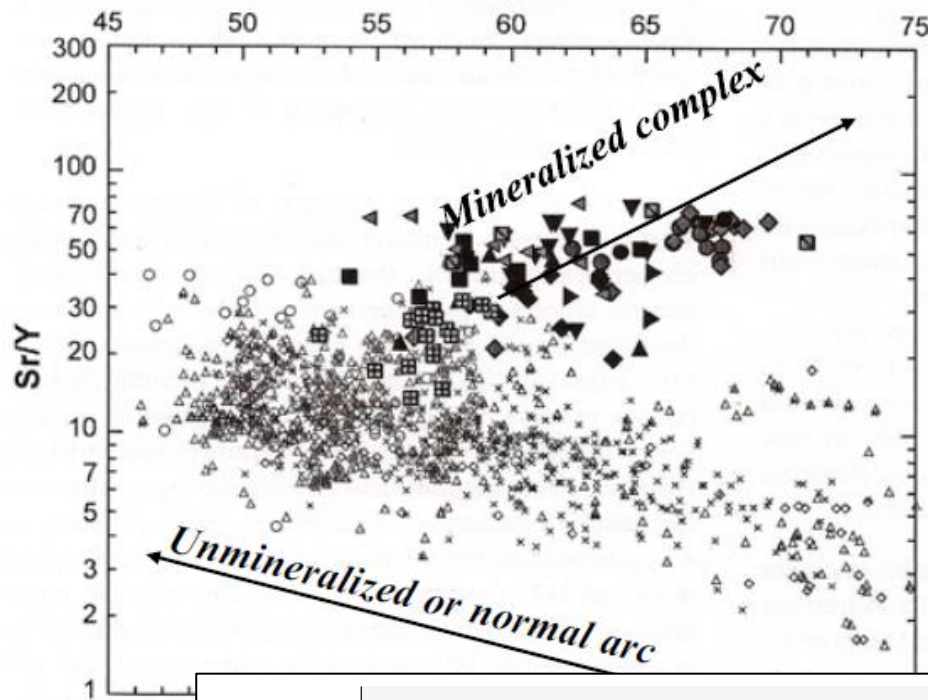
Disponibles

tir d'une analyse statistique de



SIGÉOM 2014 : I1-I2-I3 → 1428 échantillons de roches

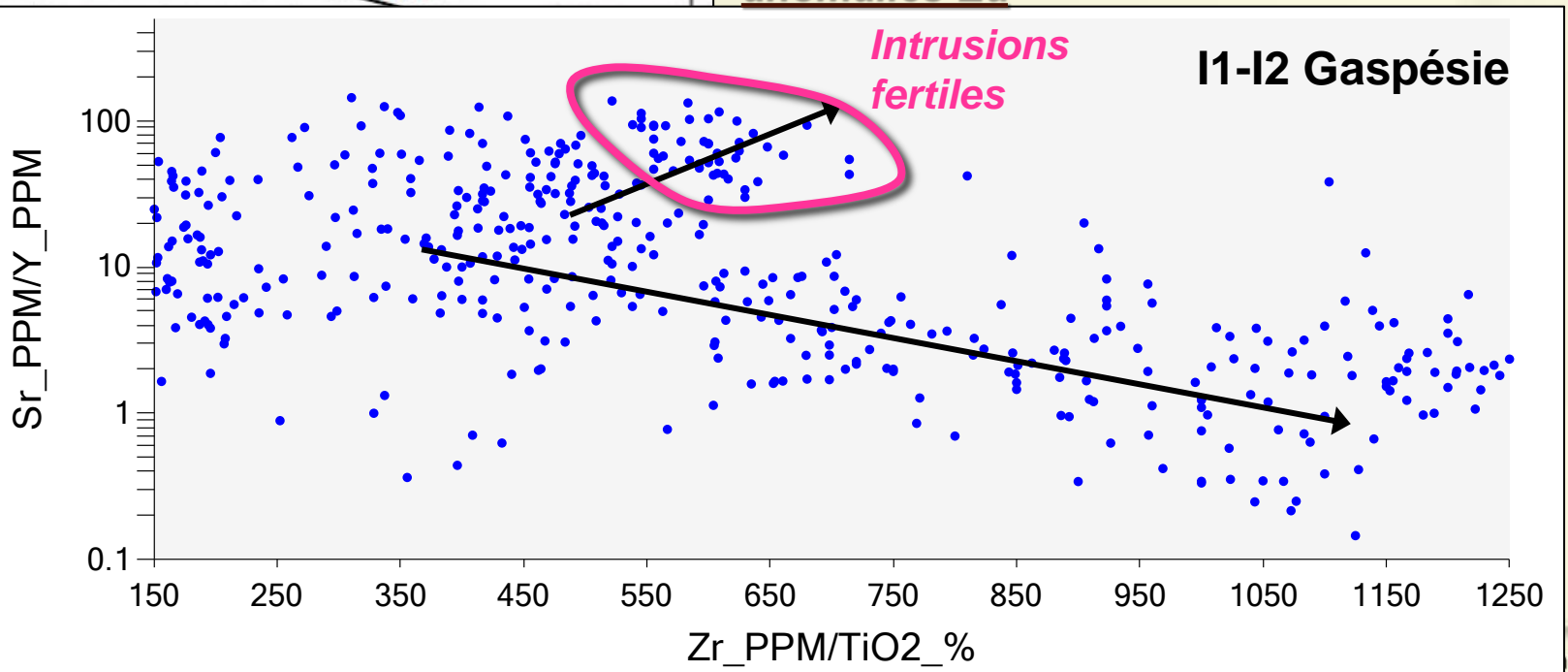
*Projet 2011-07, Faure (2012)



Anomalies Sr/Y dans les intrusions fertiles (Rohrlack et Loucks, 2005 ; Lu et al, 2013)

Marqueur de l'enrichissement en volatils du magma parent dans la chambre profonde (par cycles de ré-injections mafiques + différenciation), favorisant la cristallisation de HB (\rightarrow **baisse Y et REE lourdes dans magma résiduel**) tout en défavorisant celle du PL (\rightarrow **pas d'anomalie négative Eu ni Sr dans magma résiduel**)

\rightarrow **fort Sr/Y, faibles REE lourdes, pas d'anomalies Eu**



★ Anomalies Sr/Y → intrusions fertiles

Indices aurifères ▲▲

Mine Gaspé

Sullipek

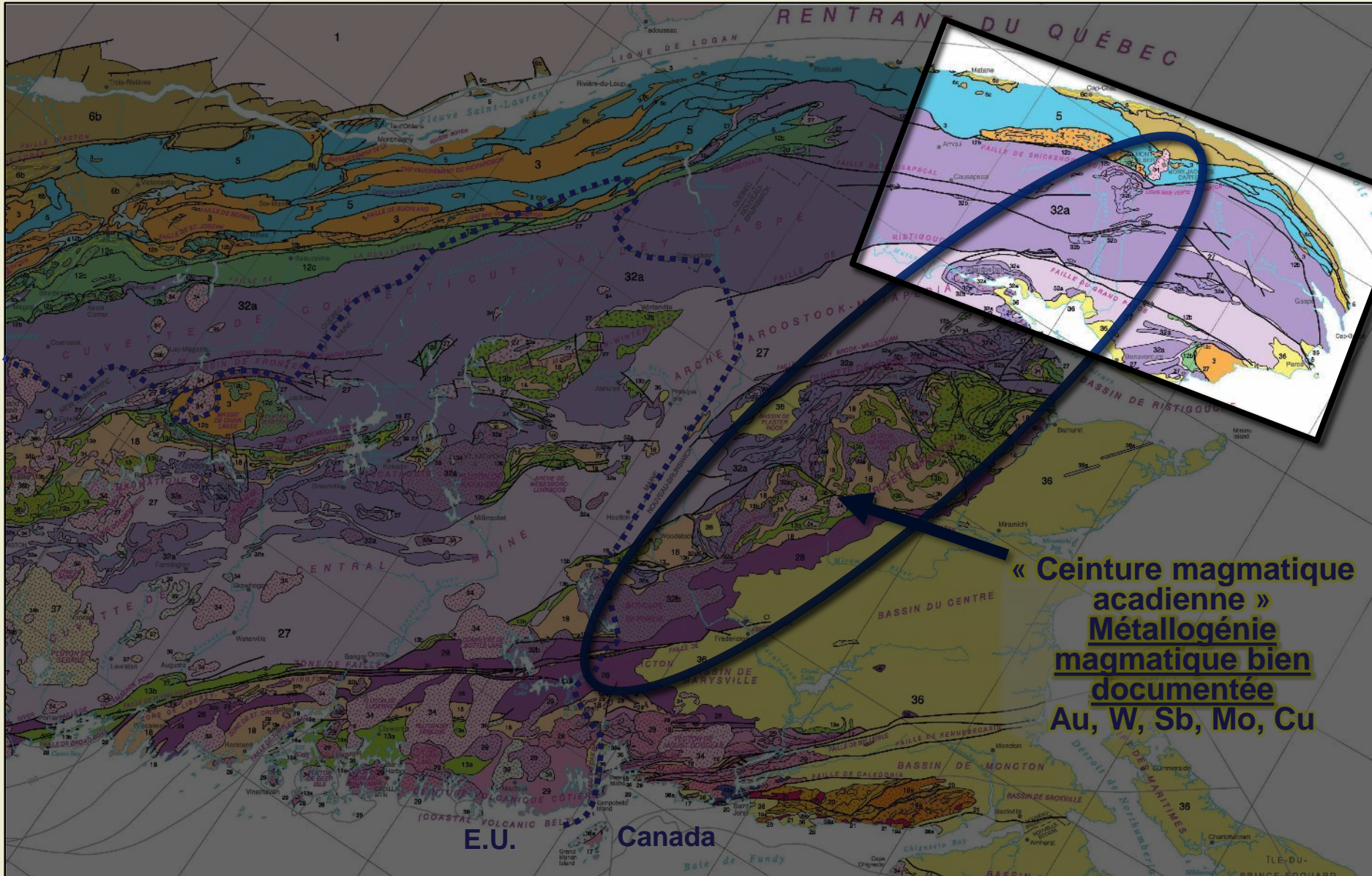
À l'est de Sullipek... (plusieurs indices Au connus, classés skarn ou Mantos)

Cibles géochimiques



SIGÉOM 2014

Guides géochimiques d'exploration dans la ceinture magmatique acadienne : du NB au QC



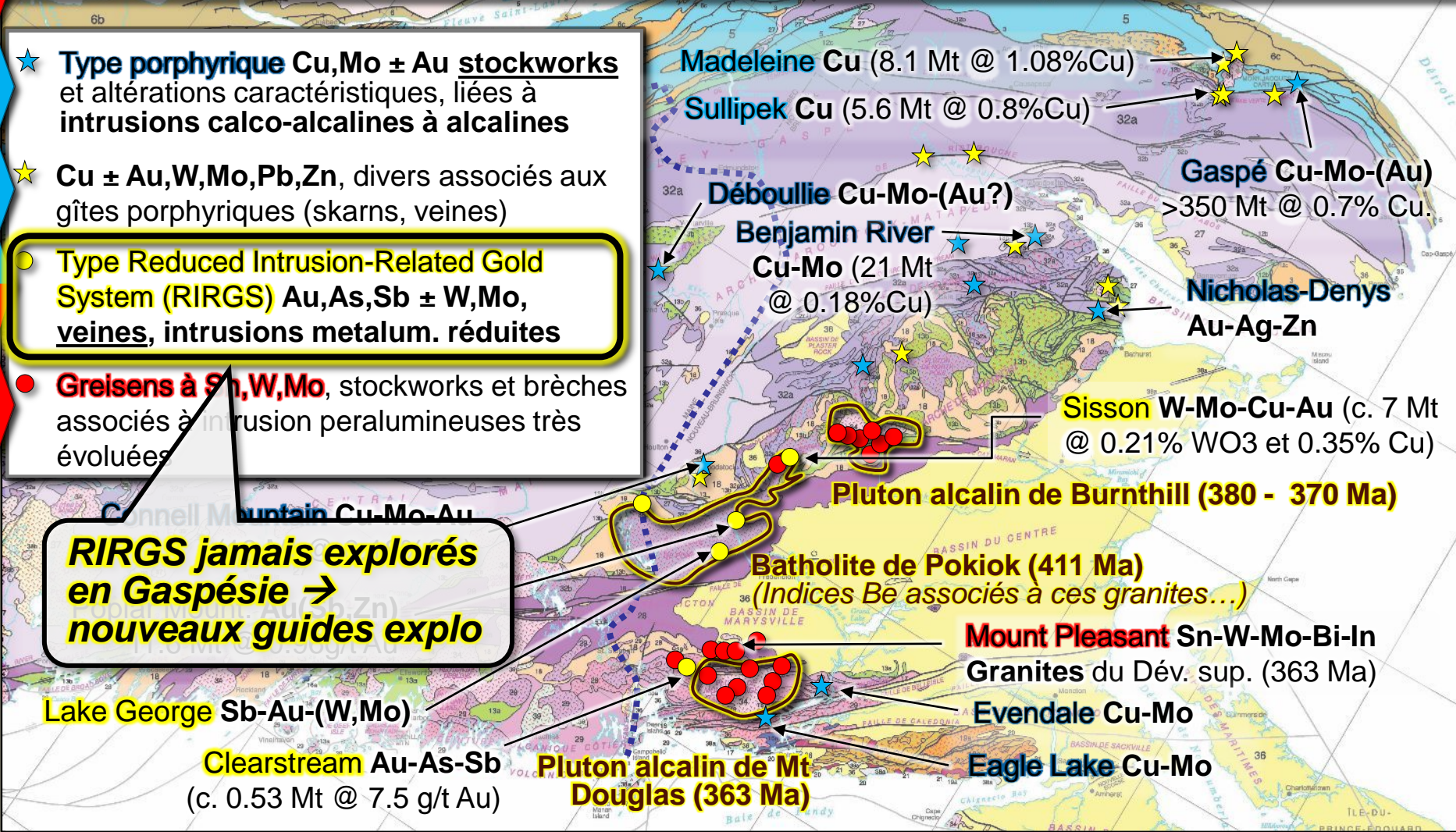
« Ceinture magmatique acadienne »
Métallogénie magmatique bien documentée
Au, W, Sb, Mo, Cu

Magmatisme siluro-dévonien (syn- à post-orogénie acadienne) :

- **Dévonien inf. - moy. (425-390 Ma):** **syn-tectonique**, ± déformés, batholites et plutons superficiels, **calco-alcalins à alcalins** interm.-felsiques. **Métaux de base +/- Au, Mo, Sb, W**
- **Dévonien moyen et tardif (385 - 345 Ma) :** **post-tectoniques**, associés aux **grandes failles transversales**, très superficiels, **alcalins à peralumineux**, très évolués. **Mo, Sn, W, Sb (Cu, U), potentiel Au**

- ★ **Type porphyrique Cu, Mo ± Au stockworks** et altérations caractéristiques, liées à intrusions calco-alcalines à alcalines
- ★ **Cu ± Au, W, Mo, Pb, Zn**, divers associés aux gîtes porphyriques (skarns, veines)
- **Type Reduced Intrusion-Related Gold System (RIRGS) Au, As, Sb ± W, Mo, veines, intrusions metalum. réduites**
- **Greisens à Sn, W, Mo**, stockworks et brèches associés à intrusion peralumineuses très évoluées

RIRGS jamais explorés en Gaspésie → nouveaux guides explo



RIRGS Au-Ab-As (NB)

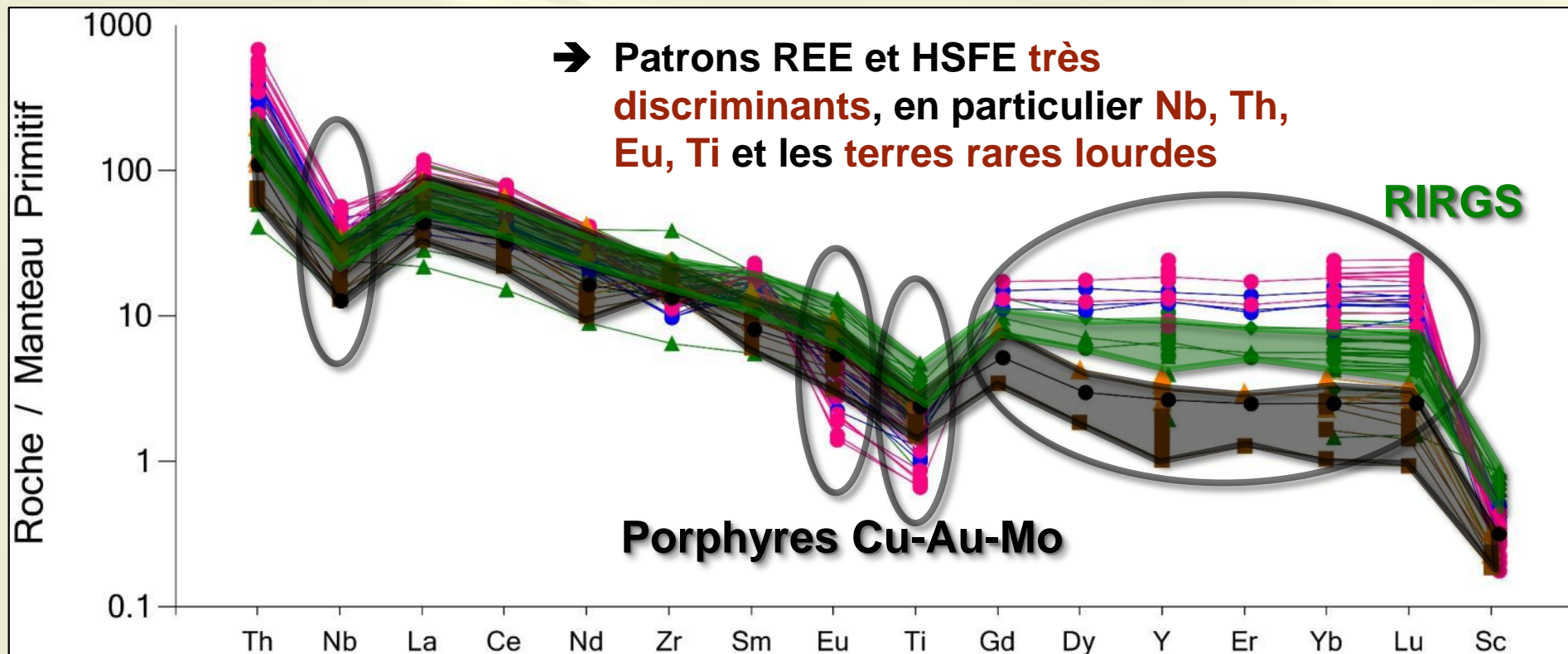
- Granites à indices
- ▲ Be-Mo
- ◆ Batholite du Pokiok

Porphyres Cu-Mo-Au (QC-NB)

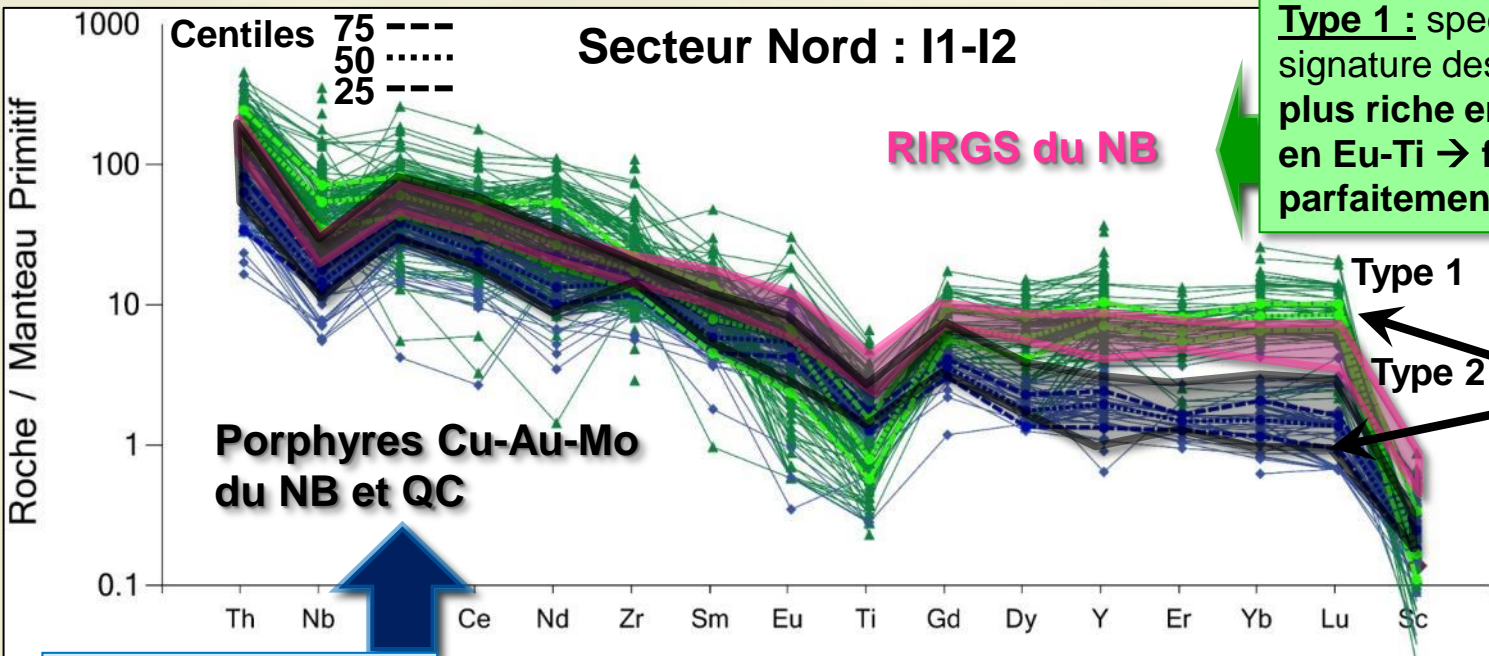
- Murdoch/ville
- ▲ Dôme Lemieux
- Porphyre Nicholas-Denys

Greisen à Sn (Mo, W) (NB)

- Batholite de Burnthill
- Granite Mt Douglas : mine Mt Pleasant



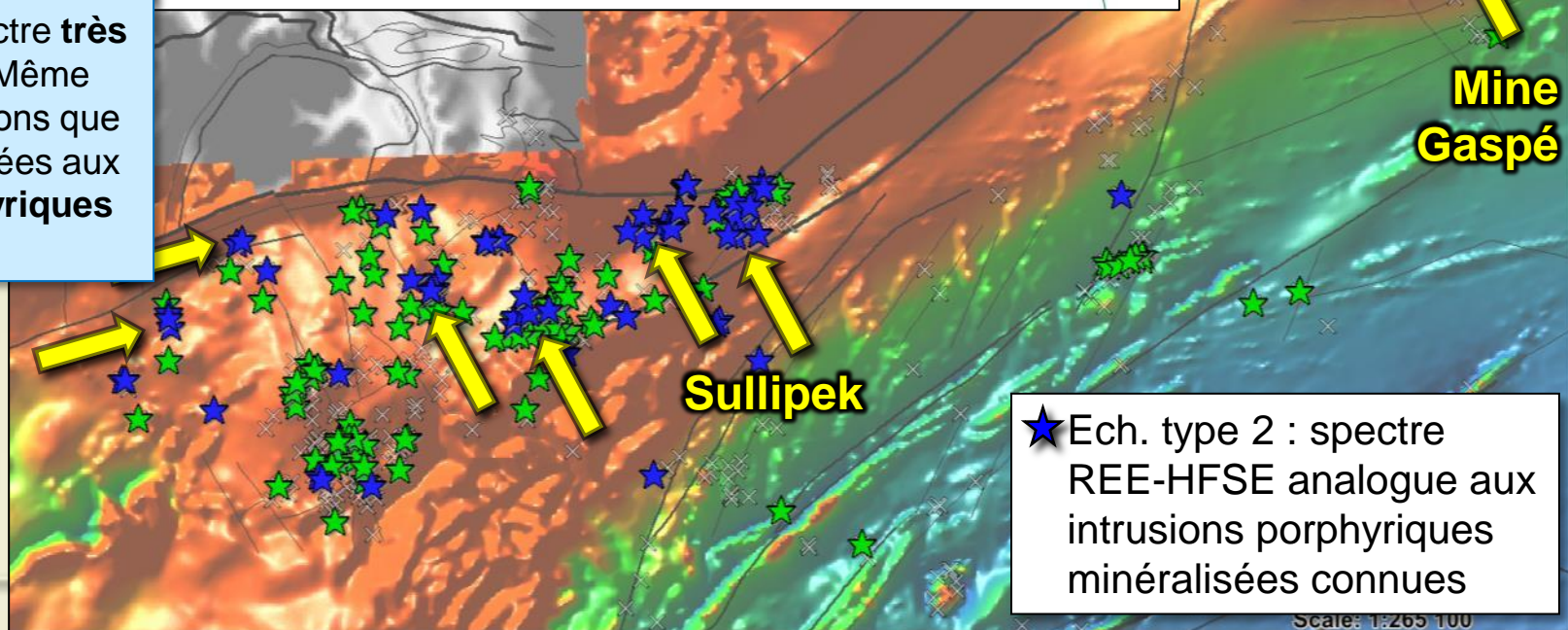
- **Porphyres Cu-Au-Mo (QC et N-B)** : Nb faible, pas d'anom. Eu, très appauvris en REE lourdes (→ **confirme la théorie de Rohrlack et Loucks, 2005**)
- **RIRGS du N-B** : Nb faible, anomalie positive en Eu, moins appauvris en REE lourdes
- **Greisens à Sn du N-B** : enrichis en compatibles, Nb et Th forts, anomalie négative en Eu très marquée



Type 1 : spectre plus proche de la signature des RIRGS du NB mais plus riche en Nb et plus faible en Eu-Ti → favorable mais pas parfaitement identique

Deux familles d'intrusions distinctes

Type 2 : spectre très favorable !! Même type d'intrusions que celles associées aux gîtes porphyriques connus

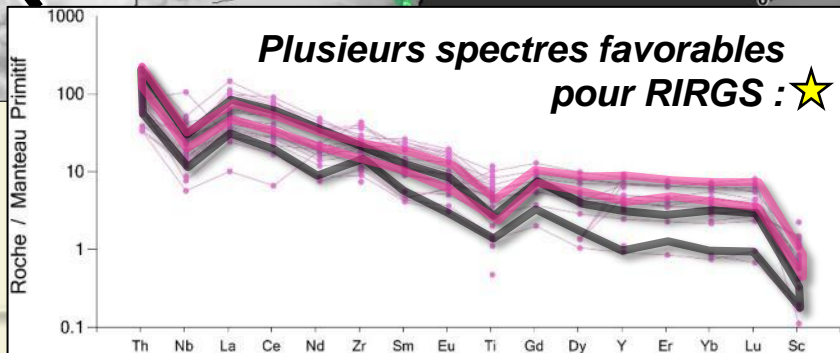
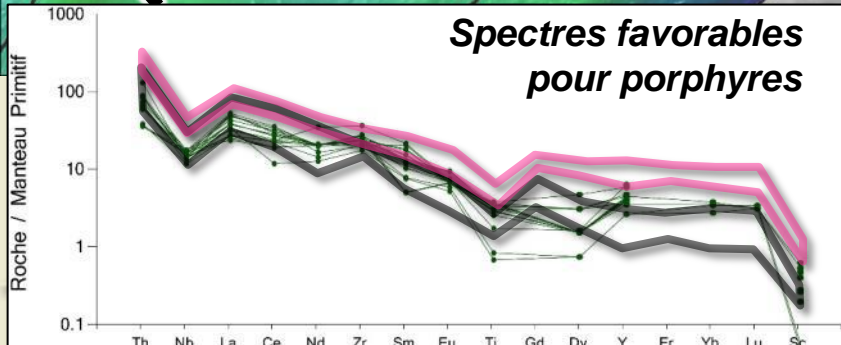
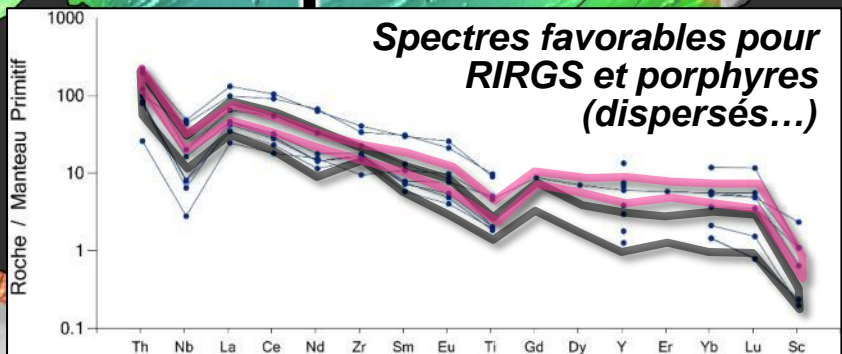
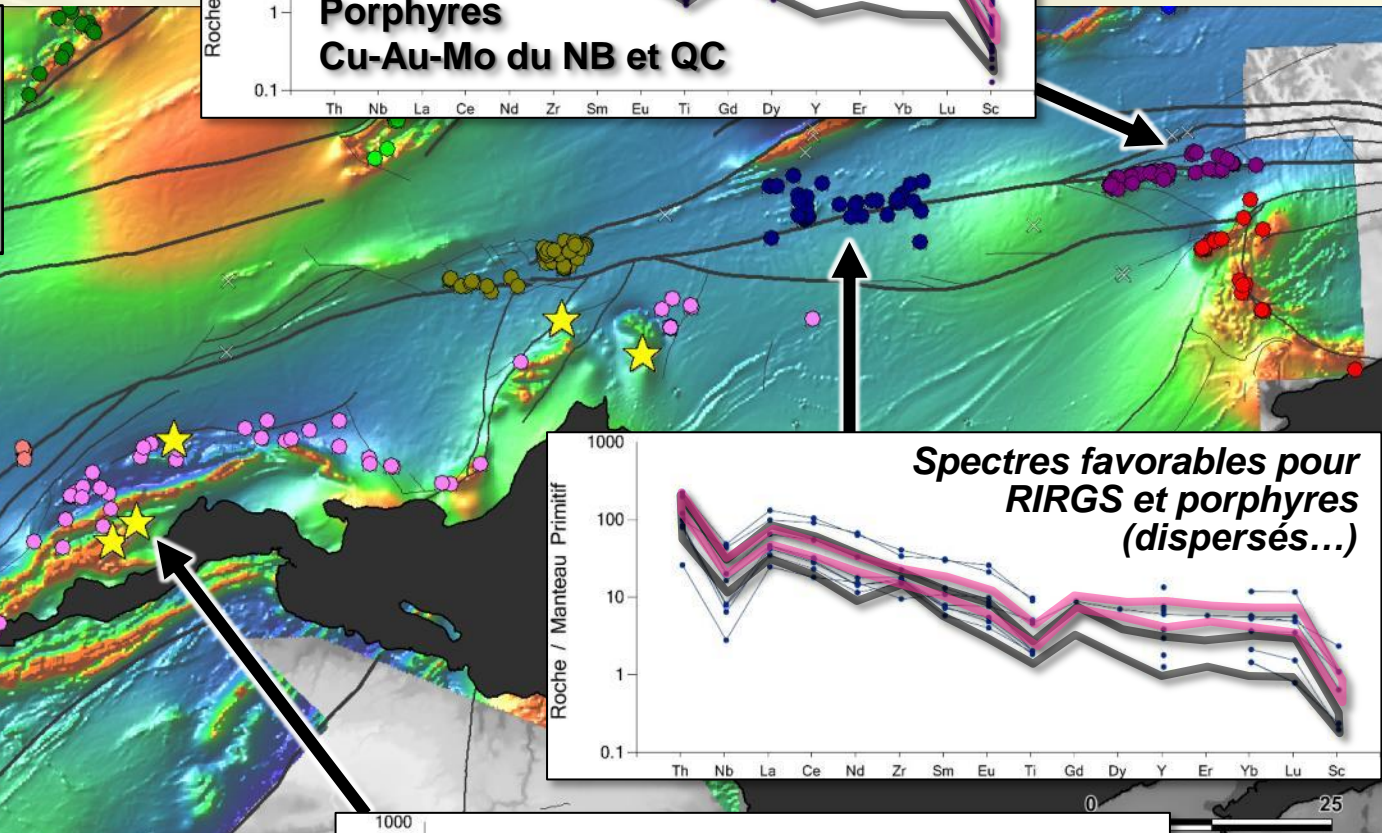
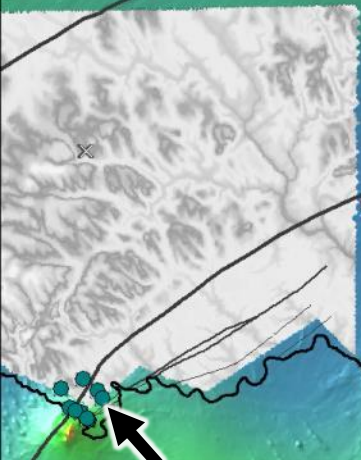
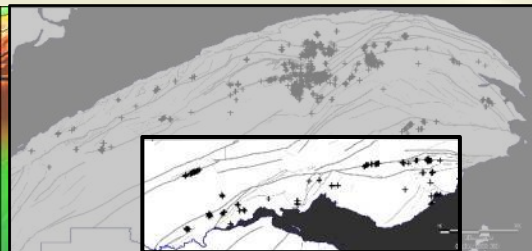
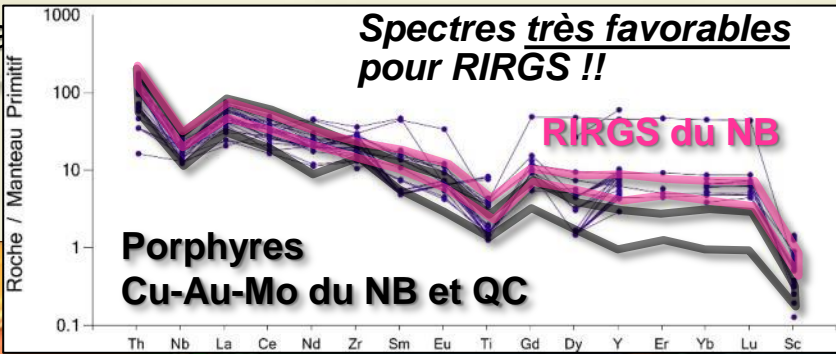


★ Ech. type 2 : spectre REE-HFSE analogue aux intrusions porphyriques minéralisées connues

Secteur Sud : I1-I2

Ga

tion du potentiel

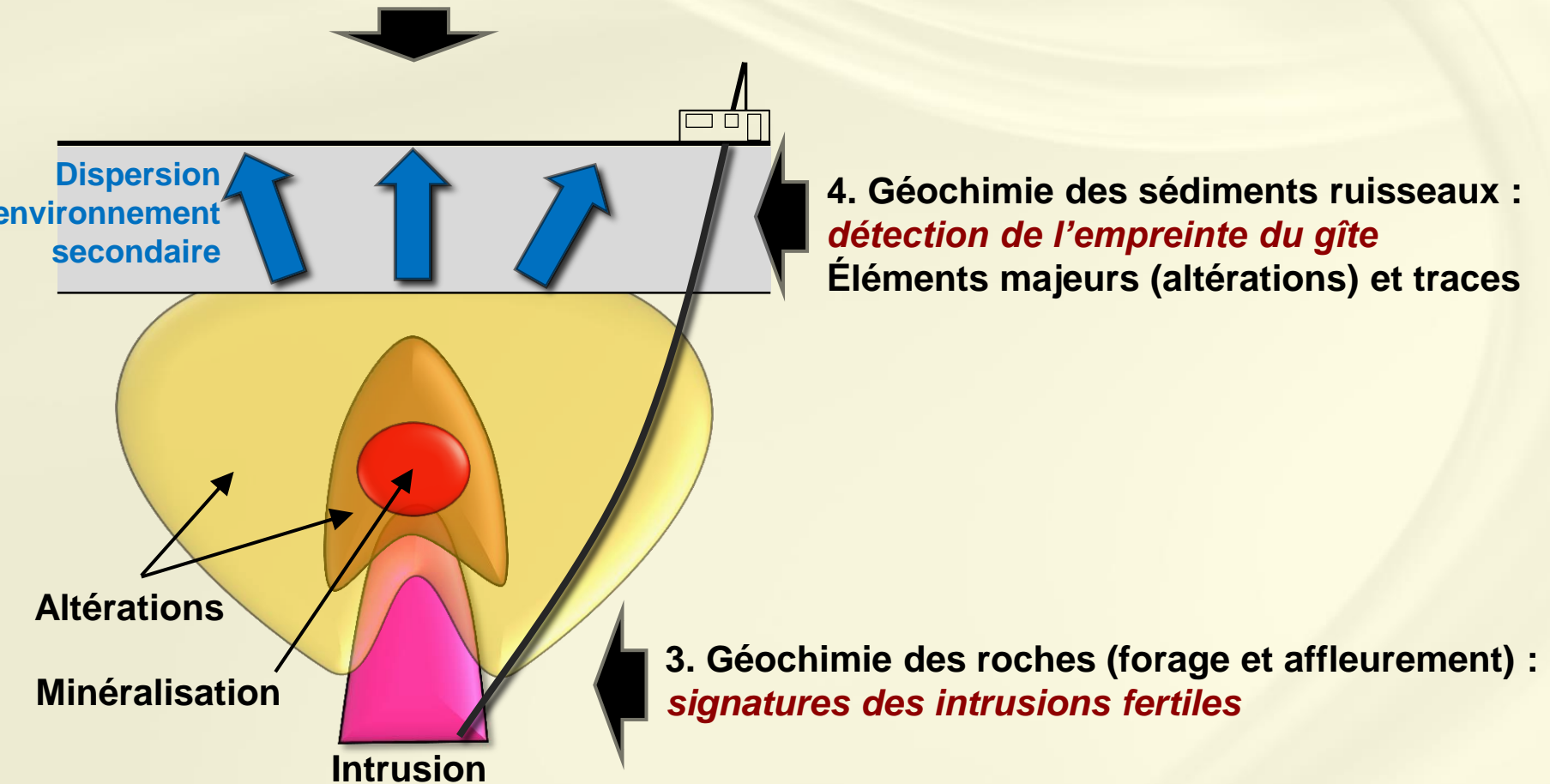


0 25
kilometres
1:590 500 MAG

Stratégies d'exploration abordées

2. Géophysique haute-résolution :
détection directe des intrusions (et
auréoles métasomatiques ?)

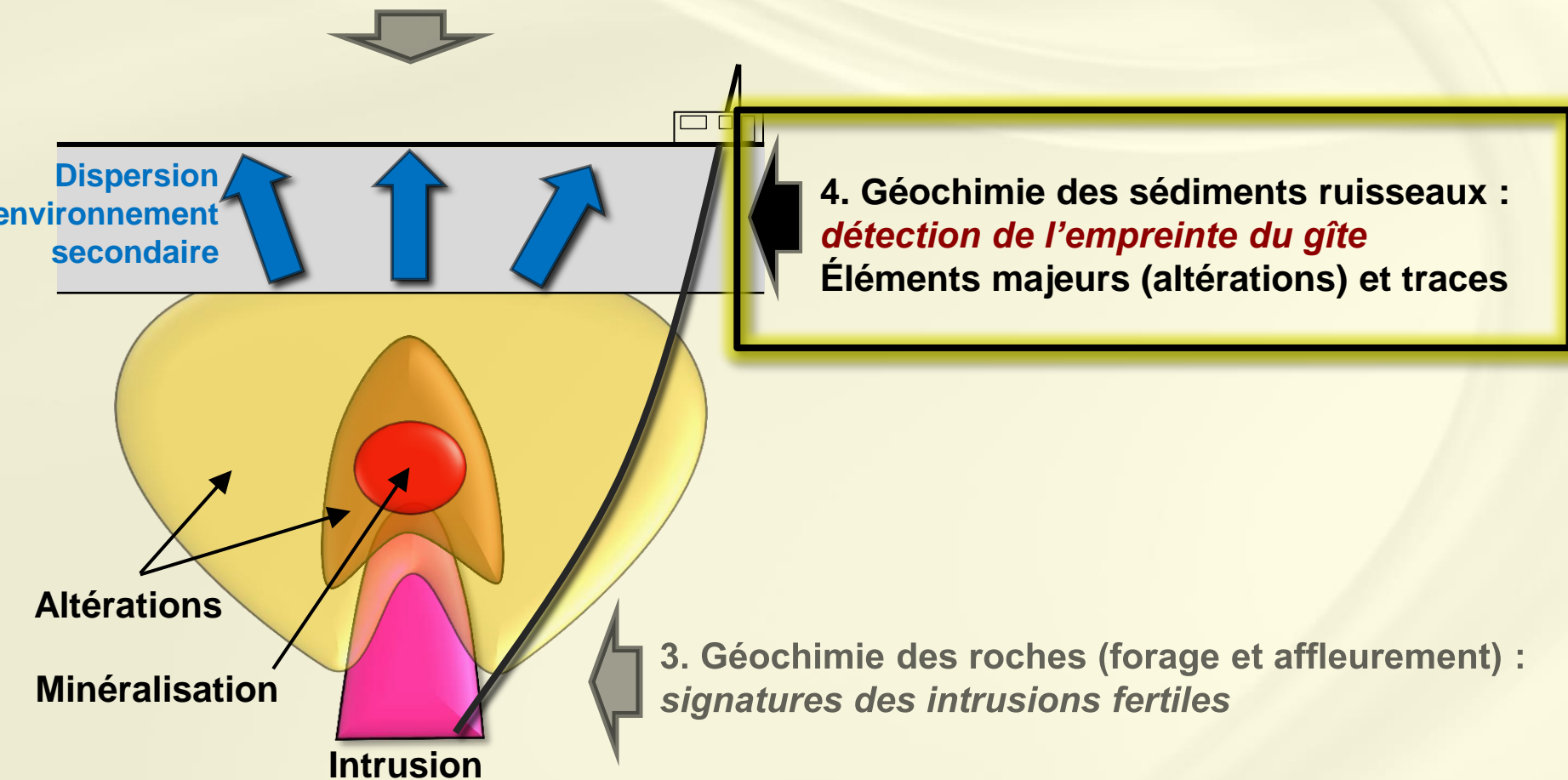
1. Reconnaissance régionale : **contextes
géologiques et structuraux favorables**



Stratégies d'exploration abordées

2. Géophysique haute-résolution :
détection directe des intrusions (et auréoles métasomatiques ?)

1. Reconnaissance régionale : *contextes géologiques et structuraux favorables*

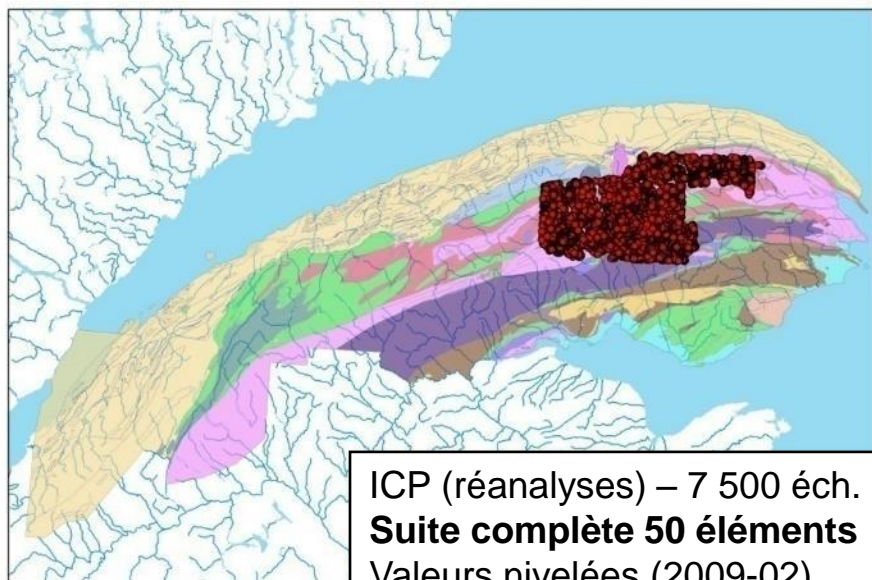
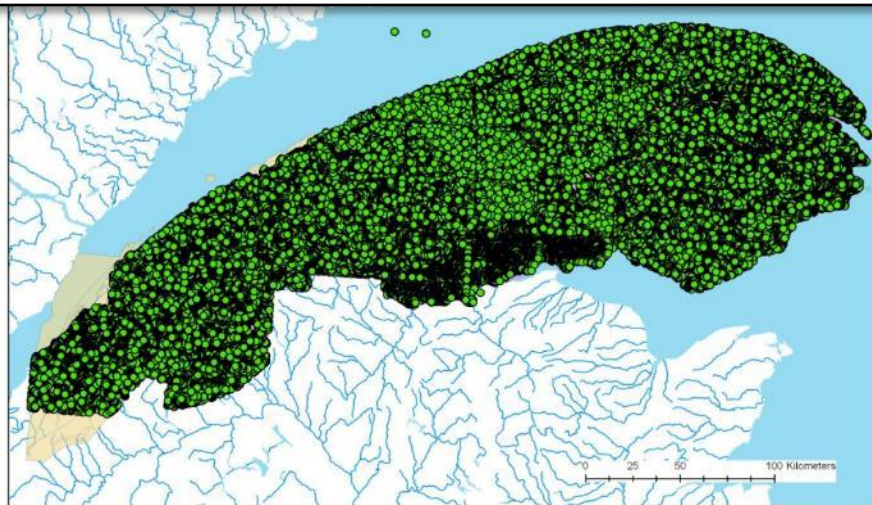


Absorption atomique - 98 807 éch.

Ag – Co – Cu – Mn – Mo – Ni – Pb – (U – Mo)

± As ± Sn ± Sb ± Cd ± Hg ± Fe ± Bi ± Ba

Valeurs nivelées (2009-02)



ICP (réanalyses) – 7 500 éch.
Suite complète 50 éléments
Valeurs nivelées (2009-02)

Projet 2009-02 (Trépanier, 2009)

1. Dégrossissage des bases de données (tri par levés, par protocoles analytiques, nivellement)

2. Analyse statistique :

- *Statistique U* est **la méthode la plus performante** pour rehausser les anomalies (> correction par régression spatiale ou sur lithologie sous-jacente), lié à la nature « en série » des anomalies des ruisseaux

→ Indices mono-élément : résultats toujours présentés en centiles de valeur statistique U sur images suivantes

- Définition des indices les plus performants pour la détection des gîtes :

➤ **Cu-Mo (AA, indice porphyres et skarns) =**
 $(Cu_StU + Cu + Mo_StU + Mo)/4$

➤ **Cu-Pb-Zn (AA, indice Skarns) =**
 $(Cu_StU + Cu + Pb_StU + Pb + Zn_StU + Zn)/6$

➤ **Indice Cu HT (ICP) =**
 $(Cu_StU + Cu + Mo_StU + Mo + Te_StU + Te + Bi_StU + Bi + Sn_StU + Sn + W_StU + W)/12$

➤ **Indice Au (ICP) =**
 $(Au_StU + Au + Sb_StU + Sb + As_StU + As)/6$

Gîte Castor Sb-Au-As, 2 veines Qtz massives avec stibine et arsenopyrite, altérations séricite-kaolinite → **RIRGS !**

Indices et gîtes Au

Zone non testée, très bon potentiel Au
→ Voir guide explo RIRGS

- Cibles géochimiques**
- ★ Indice porphyre Cu-Au
 - ★ Intrusion anormale en Sr/Y
 - ★ Spectre REE-HFSE favorable RIRGS

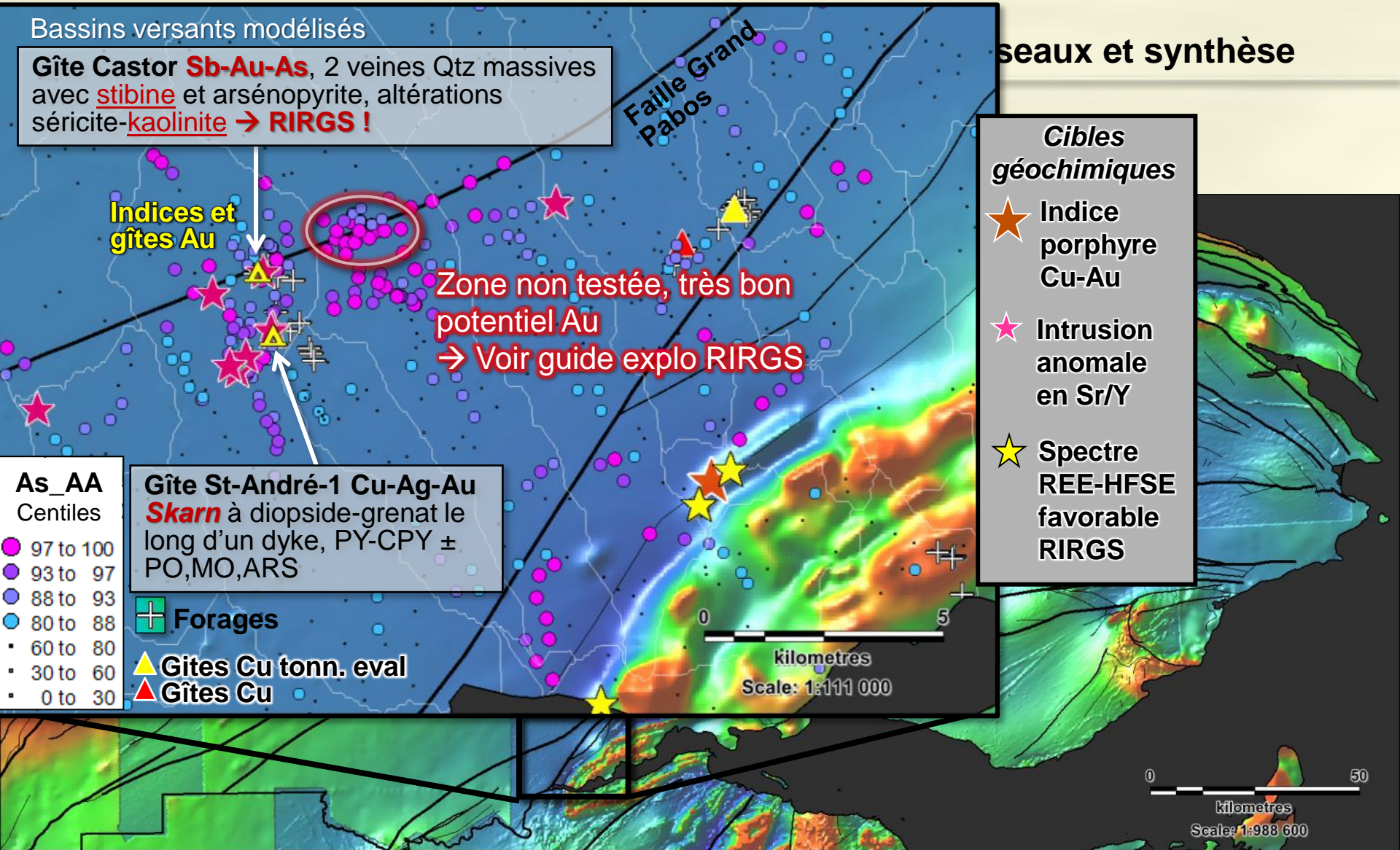
As_AA
Centiles

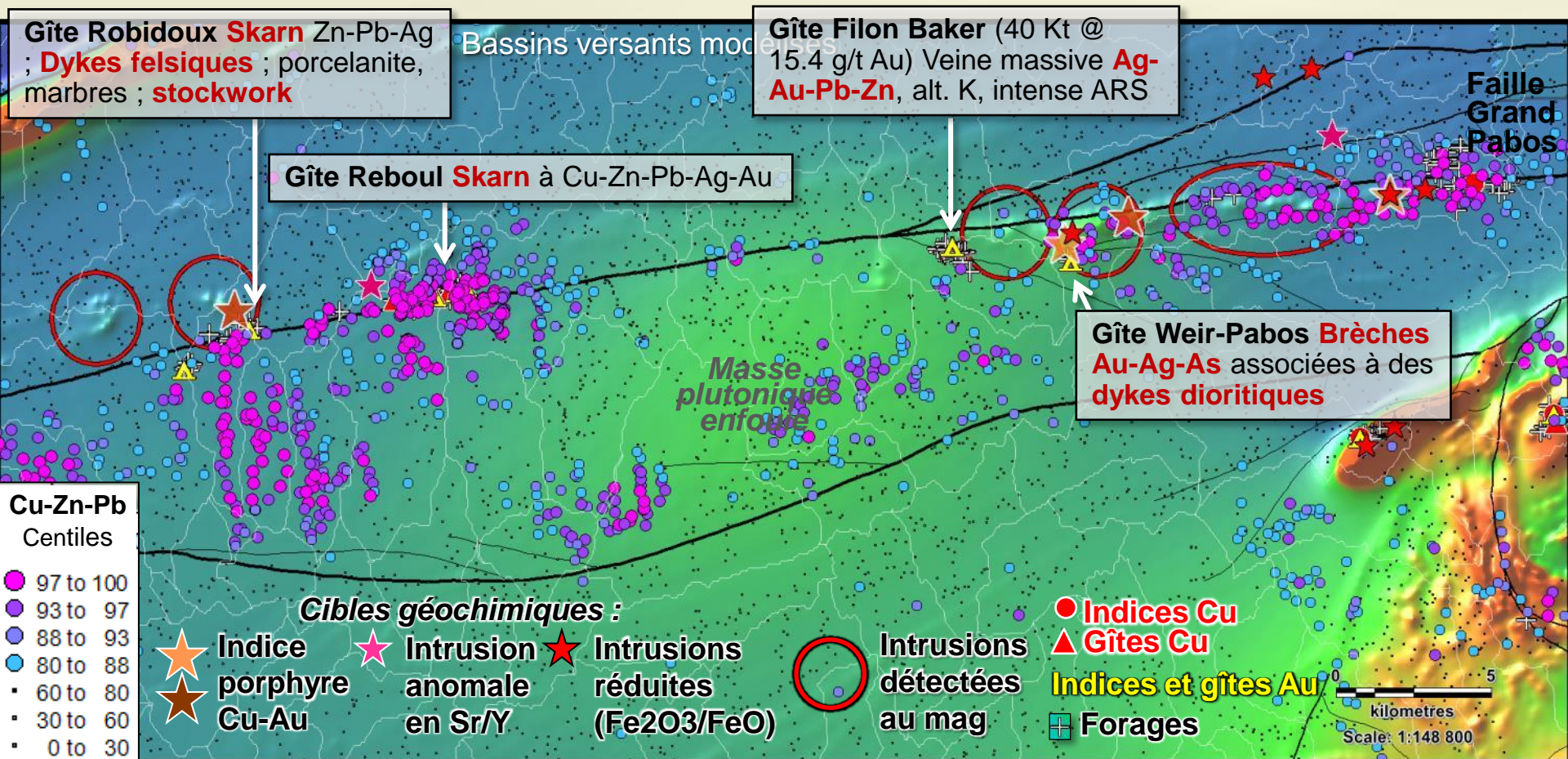
- 97 to 100
- 93 to 97
- 88 to 93
- 80 to 88
- 60 to 80
- 30 to 60
- 0 to 30

Gîte St-André-1 Cu-Ag-Au
Skarn à diopside-grenat le long d'un dyke, PY-CPY ± PO,MO,ARS

⊕ Forages

- ▲ Gîtes Cu tonn. eval
- ▲ Gîtes Cu



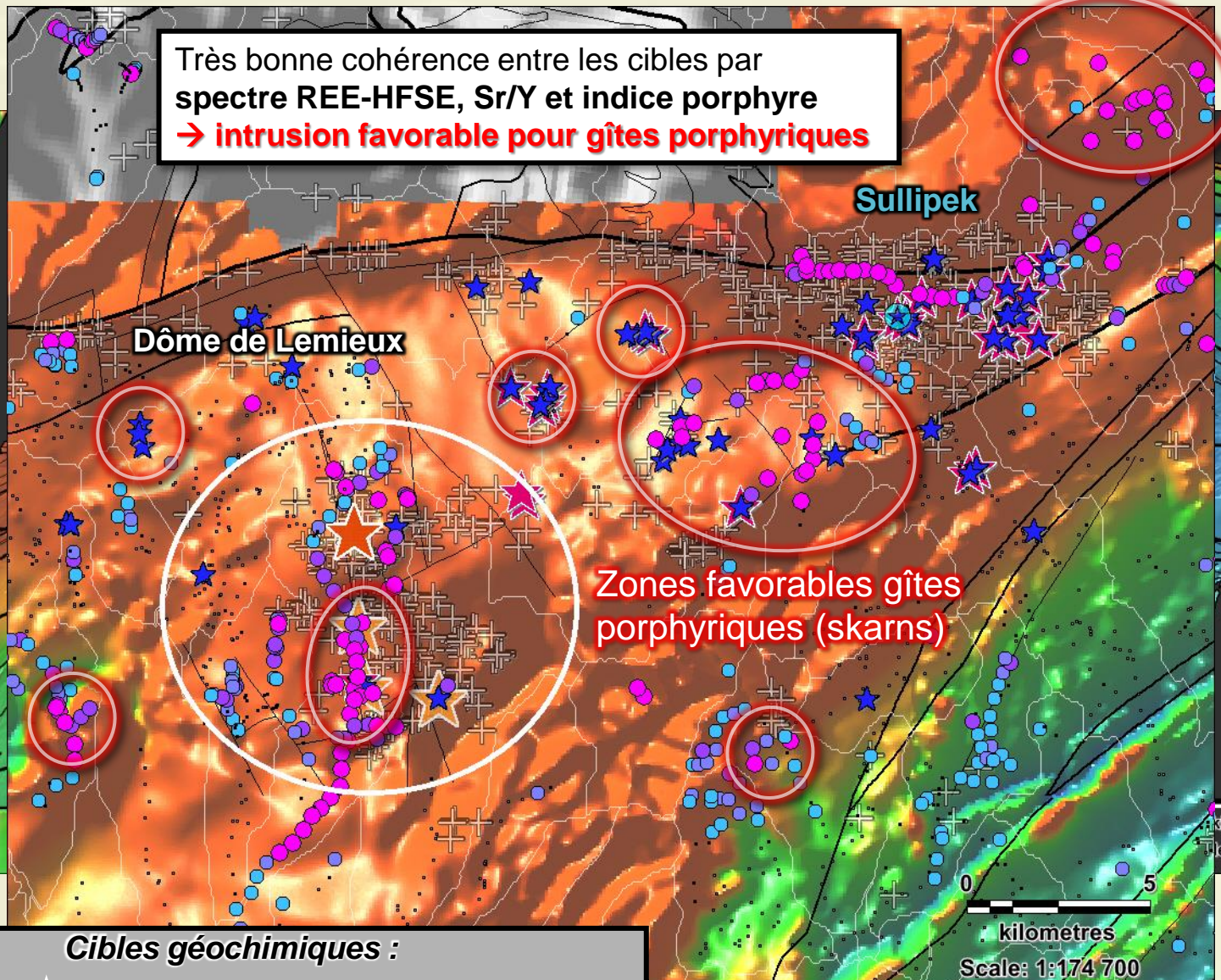


Plusieurs intrusions drainées par la faille Grand Pabos depuis une masse enfouie visible au mag

Secteur Ouest : fortes anomalies As, Cu, Mo, Zn, Pb dans env. Il^{aire}, deux skarns connus, plusieurs intrusions détectées au mag, à géochimie favorable pour gîtes porph., non forcées → fort potentiel

Secteur Est : fortes anomalies Cu, Mo, Pb, Zn, Ag dans env. Il^{aire}, veines/brèches connues Au-Ag ± As,Pb,Zn plusieurs intrusions détectées au mag, à géochimie favorable pour gîtes porph. et RIRGS (spectres REE-HSFE + rapports Fe₂O₃/FeO), non forcées → fort potentiel

Très bonne cohérence entre les cibles par spectre REE-HFSE, Sr/Y et indice porphyre
 → **intrusion favorable pour gîtes porphyriques**



Cu-Mo Centiles

●	97 to 100
●	93 to 97
●	88 to 93
●	80 to 88
■	60 to 80
■	30 to 60
■	0 to 30

Zones favorables gîtes porphyriques (skarns)

Cibles géochimiques :

- ★ Indice porphyre
- ★ Cu-Au
- ★ Intrusion anormale en Sr/Y
- ★ Spectre REE-HFSE type gîte porphyrique
- ★ Autres spectres

Forages

Merci

Recherche de RIRGS. En vert : intrusions favorables par analogie du spectre REE-HFSE avec les RIRGS du NB

> 93 ^{ème} centile As	> 93 ^{ème} centile Au
> 93 ^{ème} centile Sb	> 93 ^{ème} centile Be

