

Québec Exploration 2009  
Session 5, 26 Novembre 2009

# Rehaussement des anomalies géochimiques dans les levés régionaux de sédiments de lacs: exemples du Québec et du Labrador

*Présenté par: Sylvain Trépanier*  
**CONSOREM**

ALEXIS

AURIZON



Cameco

xstrata  
copper

MDN

CARTIER  
RESOURCES

SOQUEM

xstrata  
zinc

VIRGINIA

ONHYM

FERM

CRÉ CONFÉRENCE RÉGIONALE DES ÉLUS  
RÉGION DU QUÉBEC

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

Resources naturelles  
et Faune  
Québec

Canada Développement  
économique Canada

UQAM  
Université de Québec à Montréal

URSTM/UQAT

UQAC

## Méthodes de délimitation d'anomalies géochimiques

- De nombreuses méthodes de délimitation d'anomalies géochimiques existent
  - Seuil unique déterminé par la valeur d'un certain centile (ex: 99e) sur les valeurs brutes
  - Seuil unique déterminé par la brisure dans une distribution normale
  - Etc.
- Certaines méthodes développées récemment sont de plus en plus raffinées
  - Approche multifractale (ex: Panahi et Cheng, 2004)
  - Contre-validation géostatistique et krigeage factoriel (ex: Jimenez-Espinosa et Chica-Olmo, 1999)
  - Filtrage du bruit de fond par analyse en composantes principales (Bellehumeur et Jébrak, 1993)
  - Etc.

## Méthodes de délimitation d'anomalies géochimiques dans les sédiments de lacs

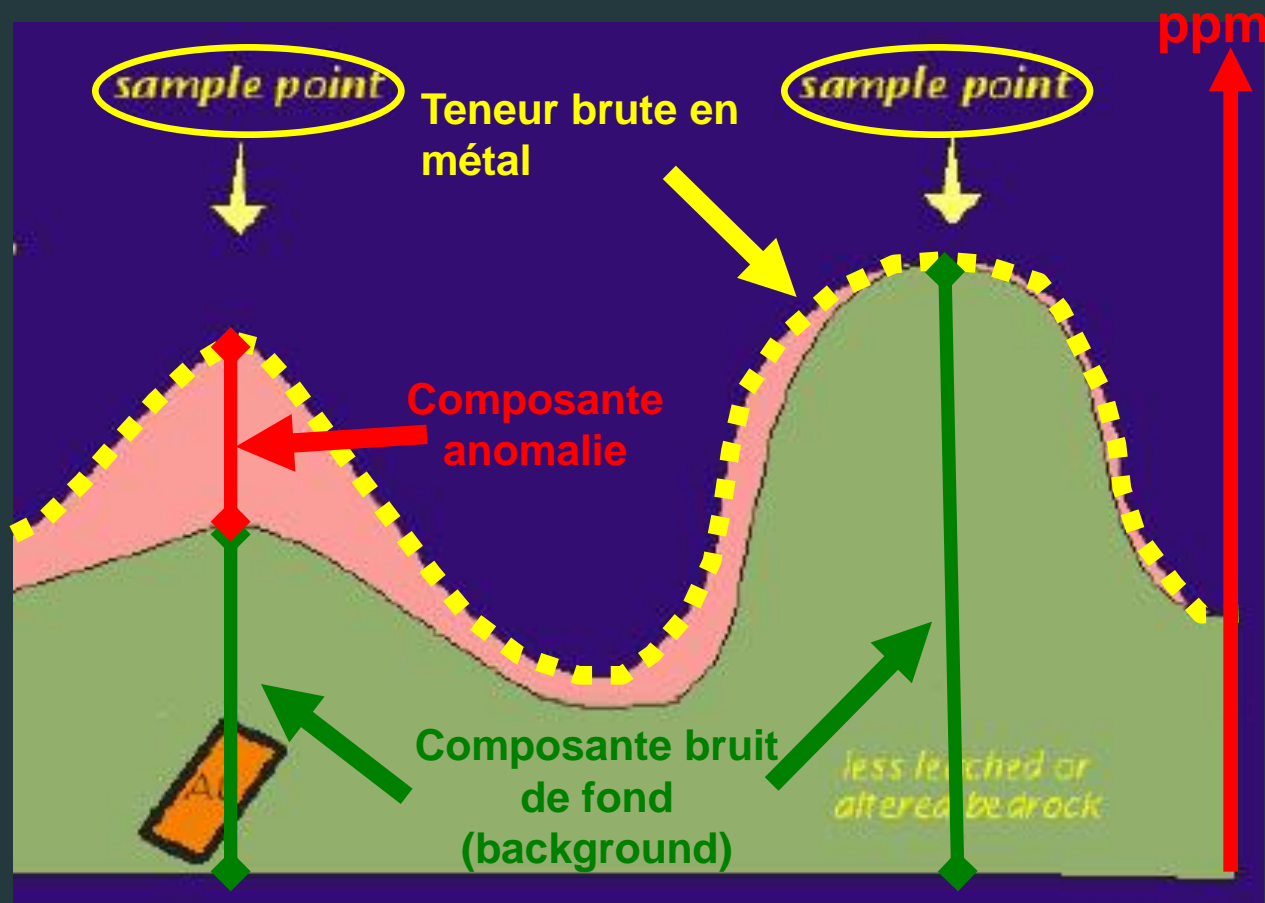
- Comment choisir une méthode? Aller vers
  - Une méthode simple (statistique et/ou monovariante) ?
  - Ou complexe (spatiale et/ou multivariante)?
- Réponse par l'utilisation du concept de ratio Signal des anomalies / Bruit de fond géochimique
- Exemple d'une méthode avancée pour des gisements connus du nord du Québec et du Labrador.

# Anomalies et bruit de fond géochimique: modèle théorique

Chaque valeur brute de chaque échantillon est la somme de deux composantes variables:

Comment séparer les deux, i.e. rehausser le signal des anomalies? Nécessaire?

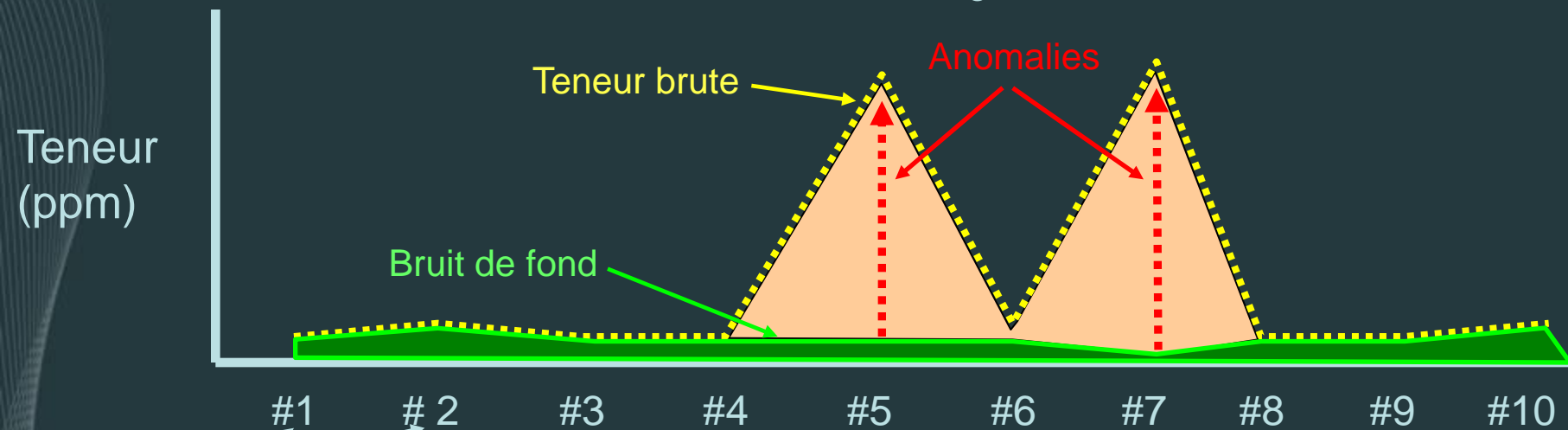
Ampleur de variation du bruit de fond vs. anomalies?  
**Rapport Signal / Bruit (télécomms)**



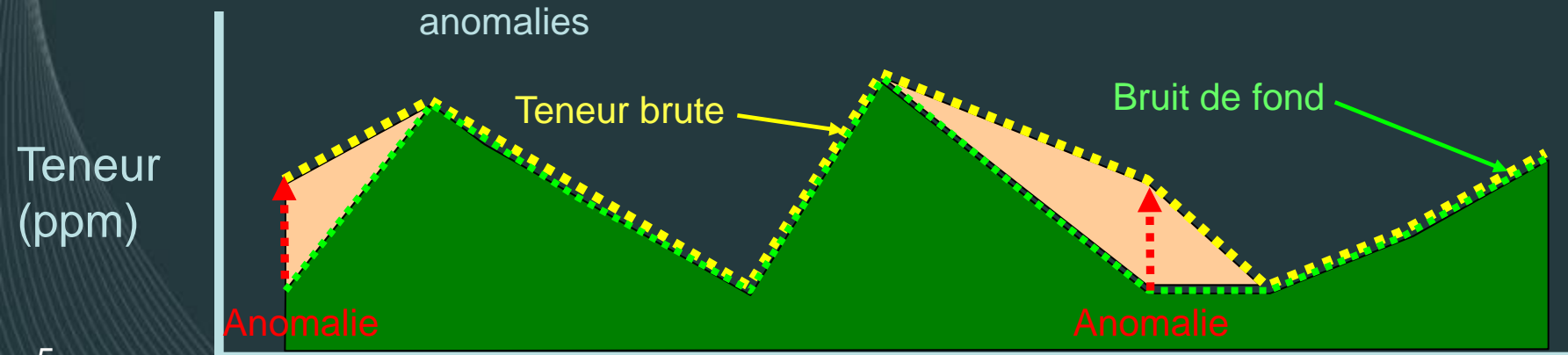
Ici, variations du bruit de fond peuvent masquer les anomalies

# Ratio Signal sur Bruit – Exemple théorique

Element A: les anomalies se démarquent clairement du bruit de fond. Pas de rehaussement de signal à faire



Element B: les valeurs brutes de certaines anomalies sont plus faibles que les variations du bruit de fond. Rehausser le signal des anomalies

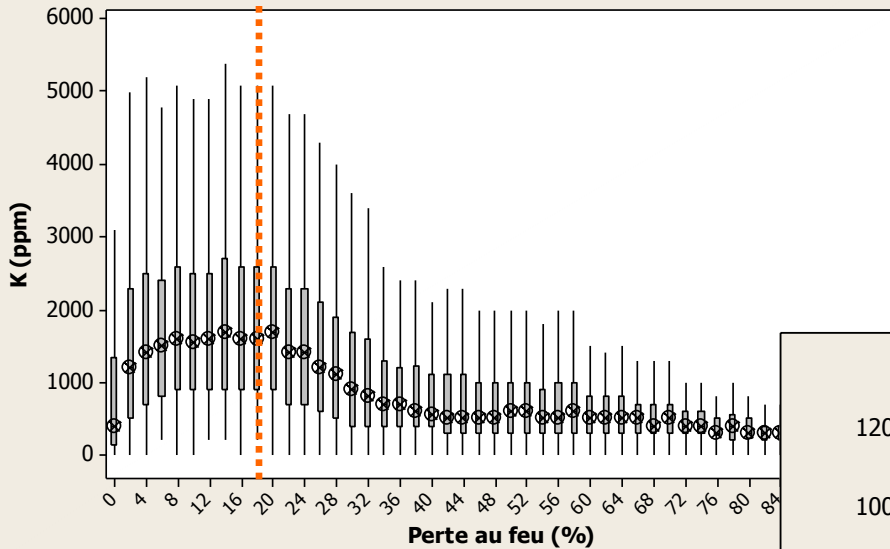


# Exemple de facteur faisant varier le bruit de fond géochimique: matière organique

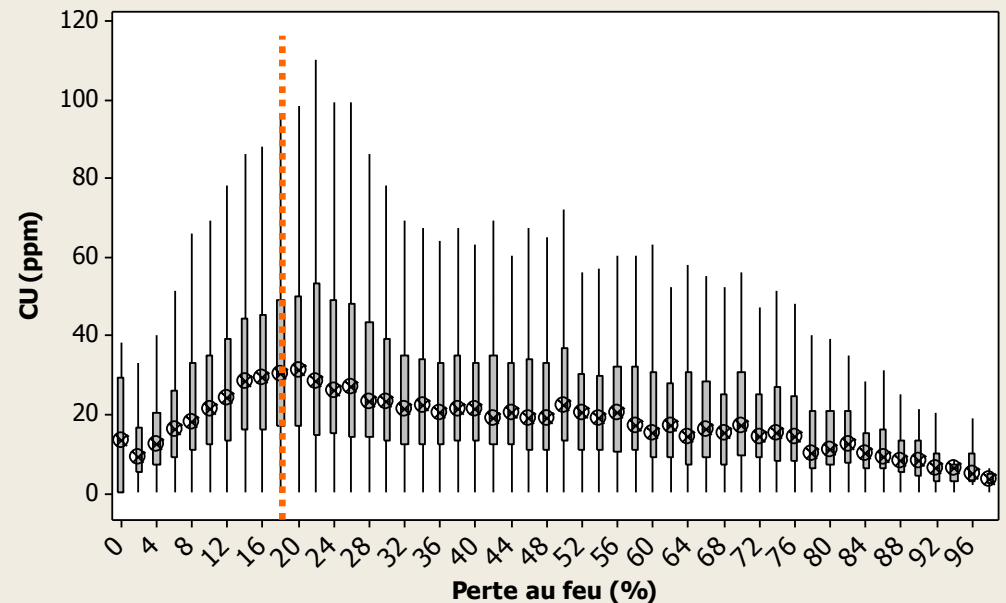
*Sédiments de lacs: % perte au feu  
relié au % de matière organique*

*Données du Grand Nord (levé  
1997520; SIGEOM)*

**Boîte à moustaches de K**



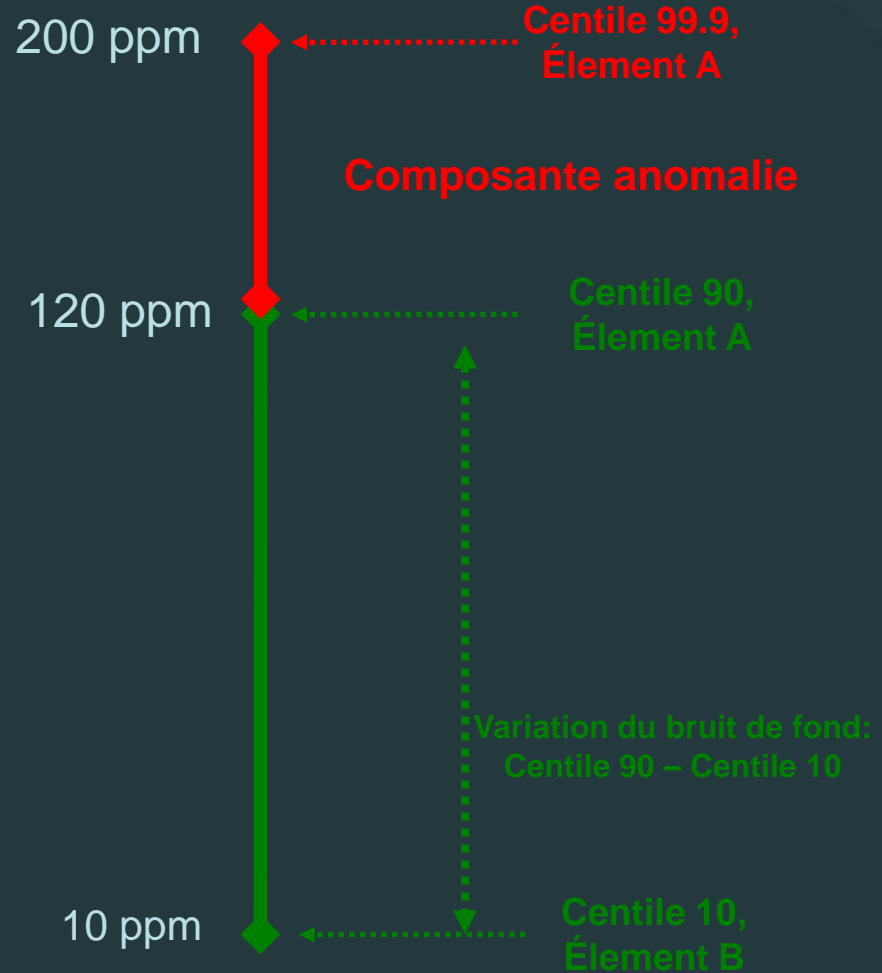
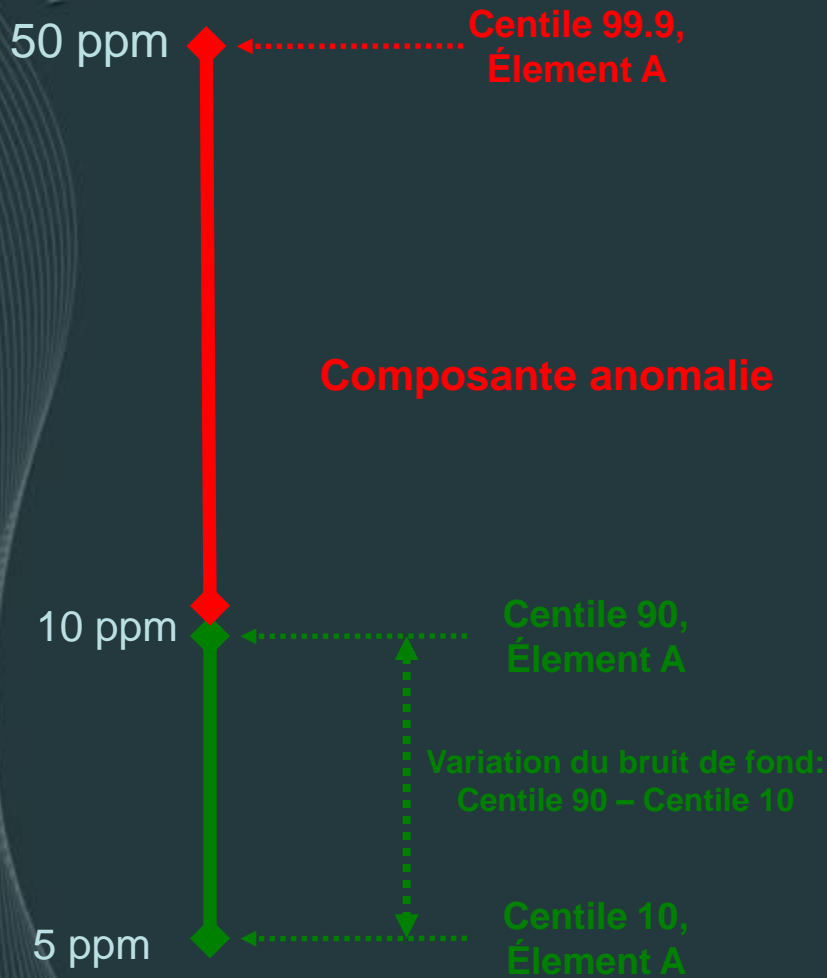
**Boîte à moustaches de CU**



## Évaluer l'ampleur de variation du bruit de fond en considérant les anomalies constantes

- Calculer à l'aide de levés existants le rapport entre le signal des anomalies et l'amplitude du bruit de fond
- Méthode:
  - Calculer l'écart entre le 10e et le 90e centiles pour différents éléments
  - Prendre les 99.9 centiles (anomalie extrême) et diviser par les résultats précédents

# Anomalies et bruit de fond géochimique



Le Ratio Centile 99.9 / (Centile 90 – Centile 10) pour élément A est supérieur au même ratio pour l'élément B

A:  $50 / (10 - 5) = 10$

B:  $200 / (120 - 10) = 1.81$



## Amplitude de variation du ratio Signal / Bruit – Grand Nord – levé 1997520 (26 000 éch)

Substance	Centile 90 – Centile 10 (ppm)	Centile 99.9 (ppm)	Centile 99.5 / (Centile 90 – Centile 10)
<b>Au (ppb)</b>	<b>&lt; 0.5</b>	<b>16</b>	<b>&gt;32</b>
<b>As</b>	<b>2 - 3</b>	<b>43</b>	<b>14 – 21</b>
<b>U</b>	<b>16.9</b>	<b>315</b>	<b>19</b>
<b>Ni</b>	<b>27</b>	<b>161</b>	<b>6.0</b>
<b>Cu</b>	<b>54</b>	<b>268</b>	<b>5.0</b>
<b>Pb</b>	<b>7 - 9</b>	<b>38</b>	<b>4 – 5.5</b>
<b>La</b>	<b>111</b>	<b>488</b>	<b>4.4</b>
<b>Zn</b>	<b>115</b>	<b>472</b>	<b>4.1</b>
<b>K</b>	<b>2900</b>	<b>10055</b>	<b>3.5</b>
<b>Ti</b>	<b>800</b>	<b>2700</b>	<b>3.3</b>
<b>Mg</b>	<b>4900</b>	<b>15200</b>	<b>3.1</b>
<b>Fe</b>	<b>34000</b>	<b>96577</b>	<b>2.8</b>

## Conclusions – Ratio Signal sur Bruit pour différents éléments

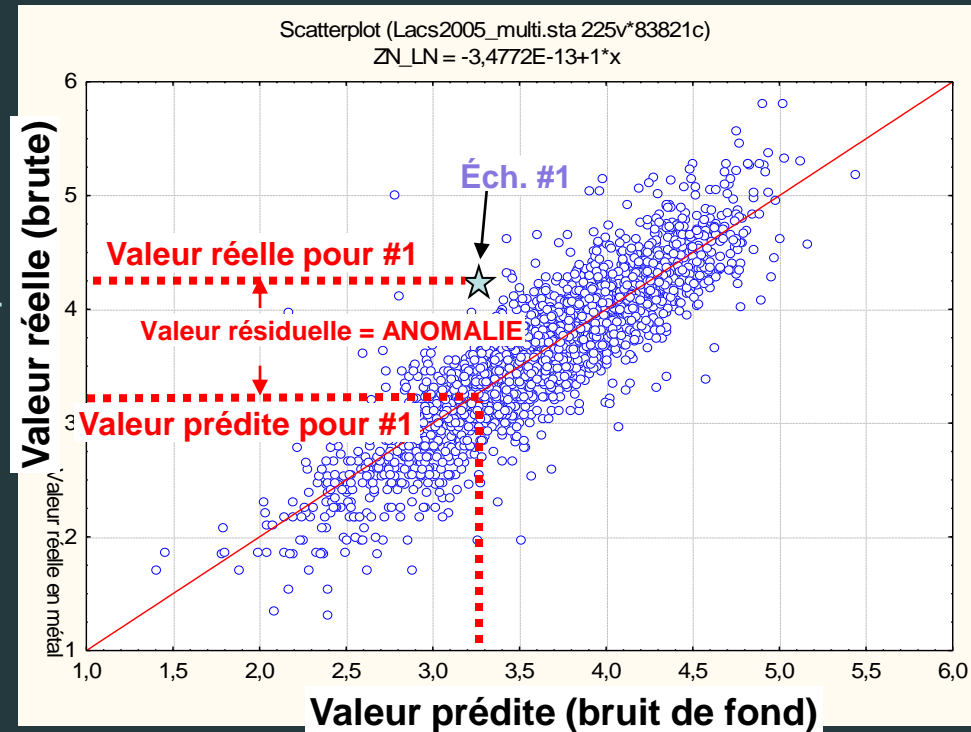
- As, U, Au: signal des anomalies semble très clair. Peu / pas besoin de rehausser le signal des anomalies
  - Utilisation de méthodes statistiques monovariabiles simples est probablement suffisante pour la délimitation d'anomalies
- Zn, Cu, Ni, Pb, Ti: signal des anomalies plus subtil. Besoin de rehausser le signal des anomalies vs. le bruit de fond.
  - Utilisation de méthodes plus avancées pour la délimitation des anomalies est nécessaire – Statistiques multivariabiles et spatiales

## Délimitation d'anomalies géochimiques dans les sédiments de lacs

- Comment choisir une méthode? Aller vers
  - Une méthode simple (statistique et/ou monovariante) ?
  - Ou complexe (spatiale et/ou multivariante)?
- Réponse par l'utilisation du concept de ratio Signal / Bruit
- Exemple d'une méthode avancée pour des gisements connus du nord du Québec et du Labrador.
  - Voisey's Bay (Ni-Cu)
  - Coulon (Zn-Cu)
  - Roberto (Au-As)

## Prédiction du bruit de fond : approche statistique

- Quelle est la valeur « normale » pour un échantillon donné dans un métal donné (son « bruit de fond »)? « Prédiction »
- Calculer ensuite « l'excès » de métal dans l'échantillon → valeur résiduelle = valeur réelle (brute) – prédite (« valeur normale »)
- Évaluation spécifique à chaque échantillon → varie d'un échantillon à l'autre
- **Seuil** → spécifique à chaque échantillon sa valeur prédite en métal



Représentation statistique de la séparation bruit de fond vs. anomalies

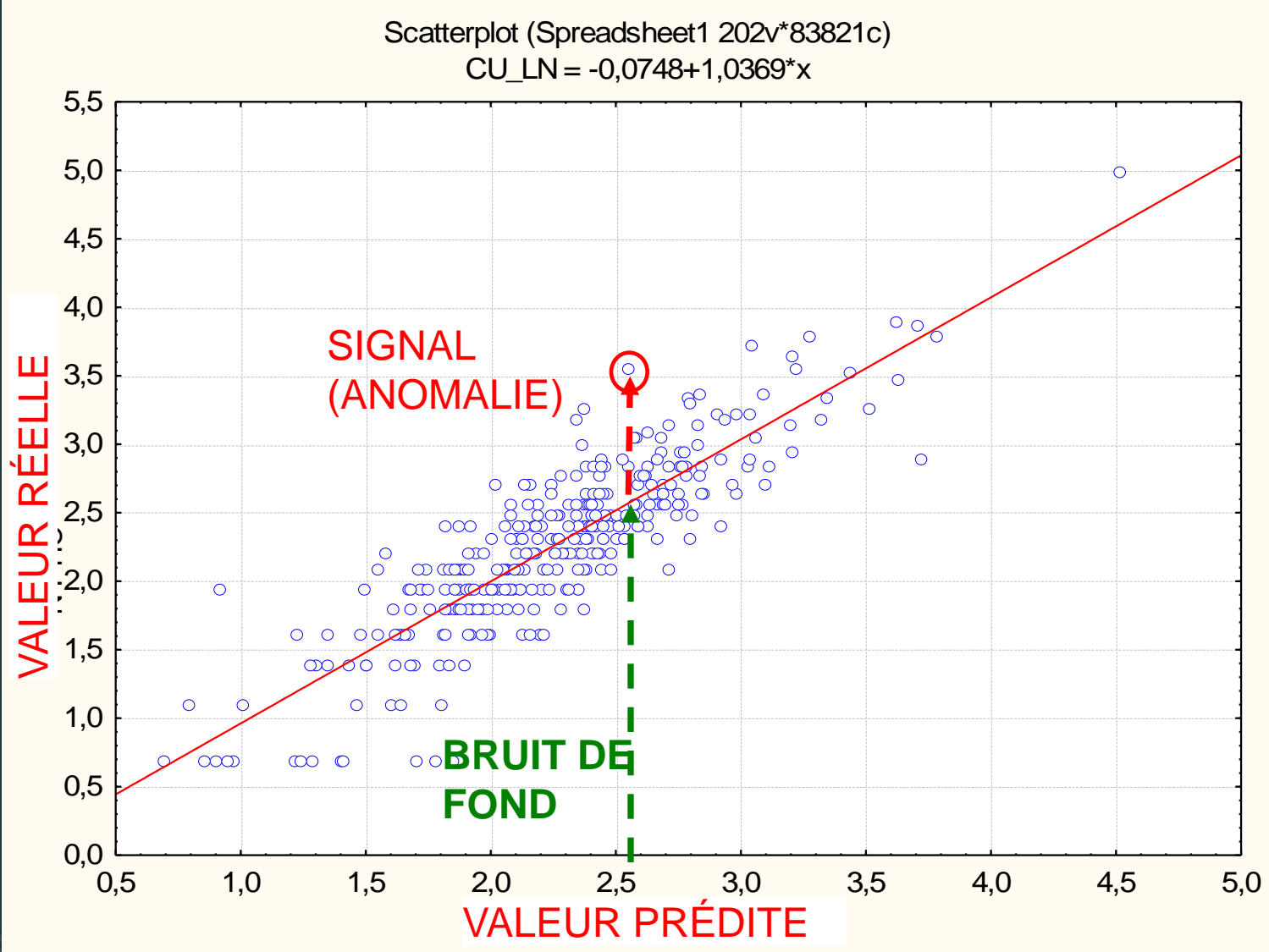
## Paramètres de la prédiction

- Comment évaluer la teneur géochimique attendue de chaque échantillon (i.e son bruit de fond) pour un métal donné?
  - **Par une prédiction (régression) utilisant d'autres éléments de l'analyse** (éléments non-associés au type de minéralisation recherchée)
    - Bruit de fond géochimique → implique tous les éléments et à l'échelle régionale
    - Anomalies dues aux minéralisations → influence un plus petit nombre d'éléments et à l'échelle locale
- Approche statistique multivariable – le bruit de fond a des caractéristiques statistiques multivariées différentes des anomalies

**Ex: A quelle valeur en Zn devrait-on s'attendre pour un échantillon donné si on regarde les autres éléments de son analyse? – évaluation statistique du bruit de fond**

$$\text{Ex : Zn\_Predit} = 0.1 * \text{Al} + 0.3 * \text{Ba} - 0.6 * \text{Ca} \dots + 2.2$$

# Régression et résiduelle

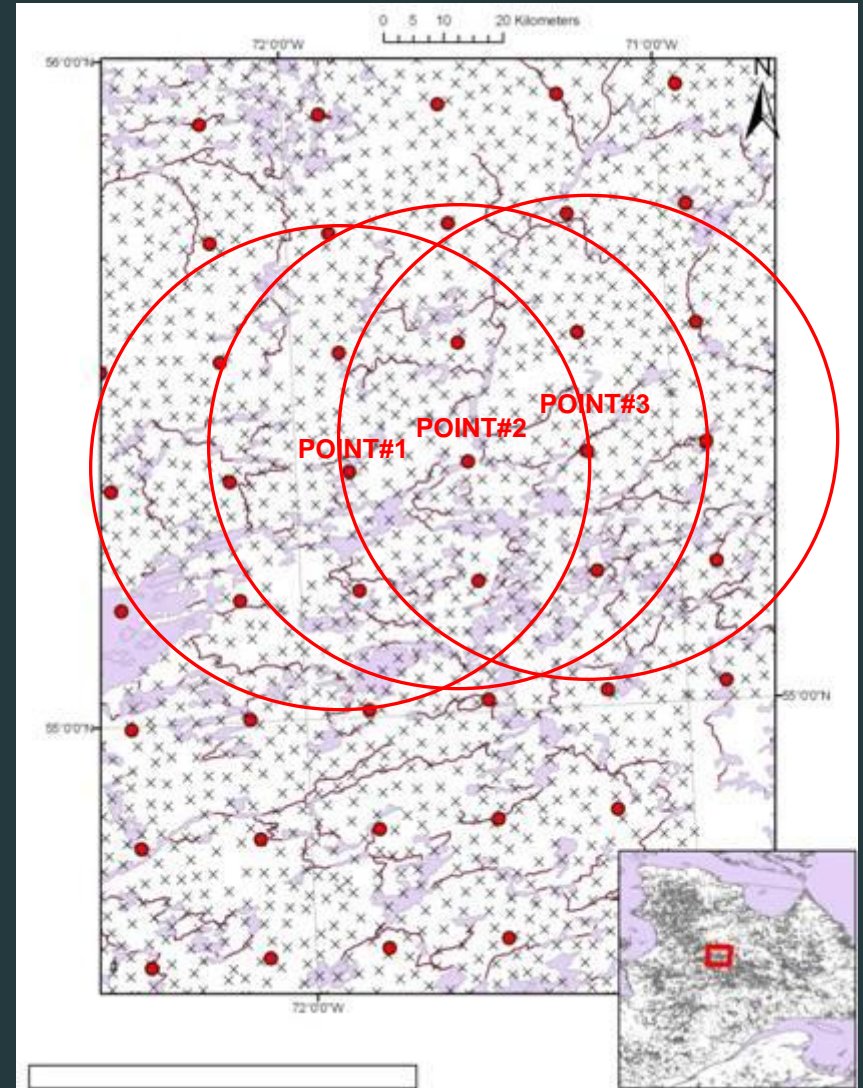


# Méthode de la régression spatiale

Point 1 :  $Zn\_Predit = 0.1*Al + 0.3*Ca - 0.6*Cr... + 2.2$

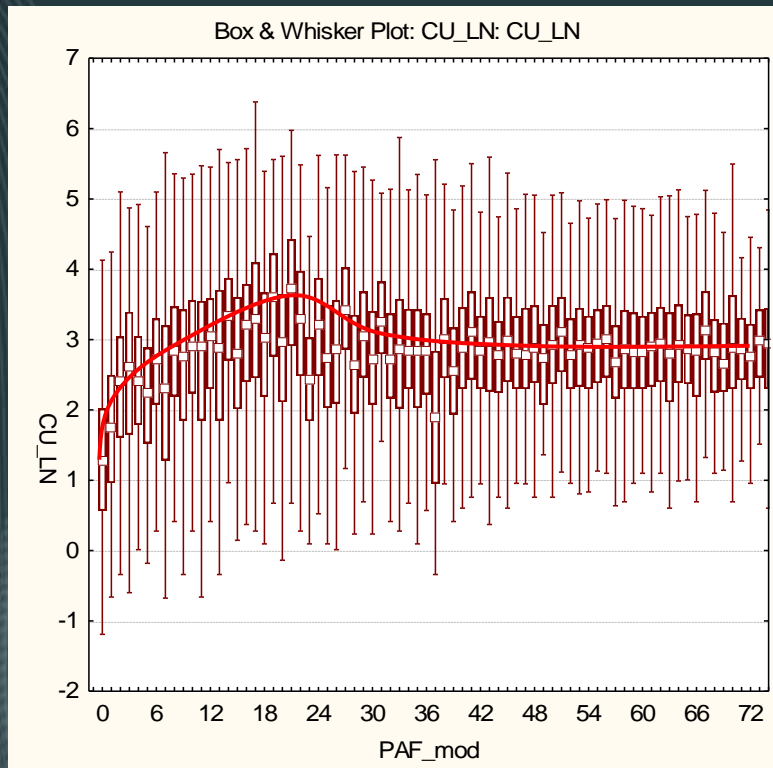
Point 2 :  $Zn\_Predit = 0.3*Al + 0.4*Ca + 1.7*Cr... + 1$

Point 3 : etc



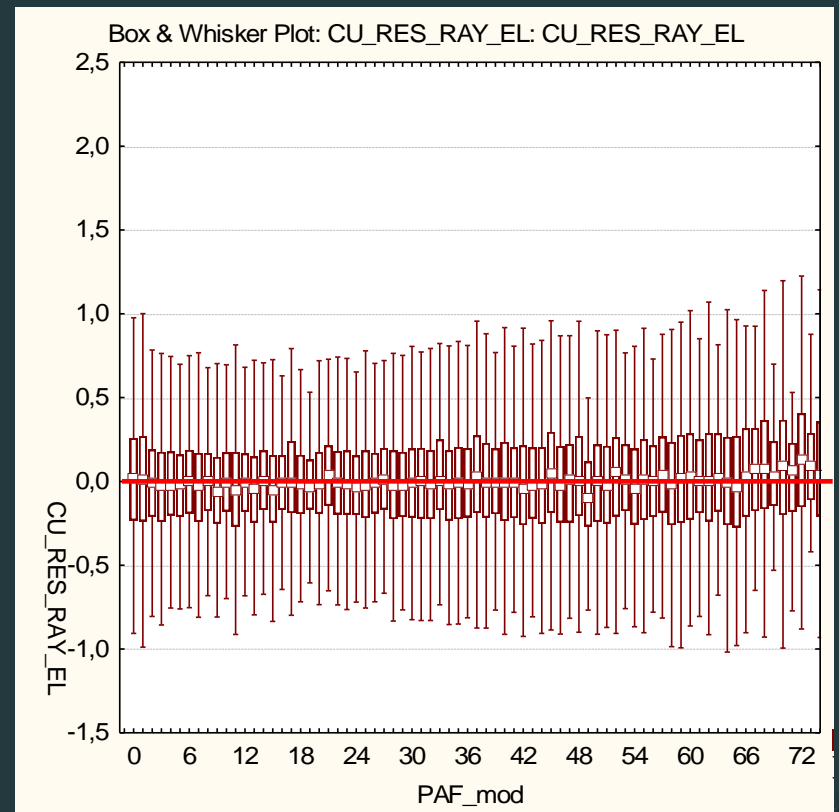
*Régression multiple spatiale (« Geographically weighted regression »)*

# Relation résiduelle vs. PAF



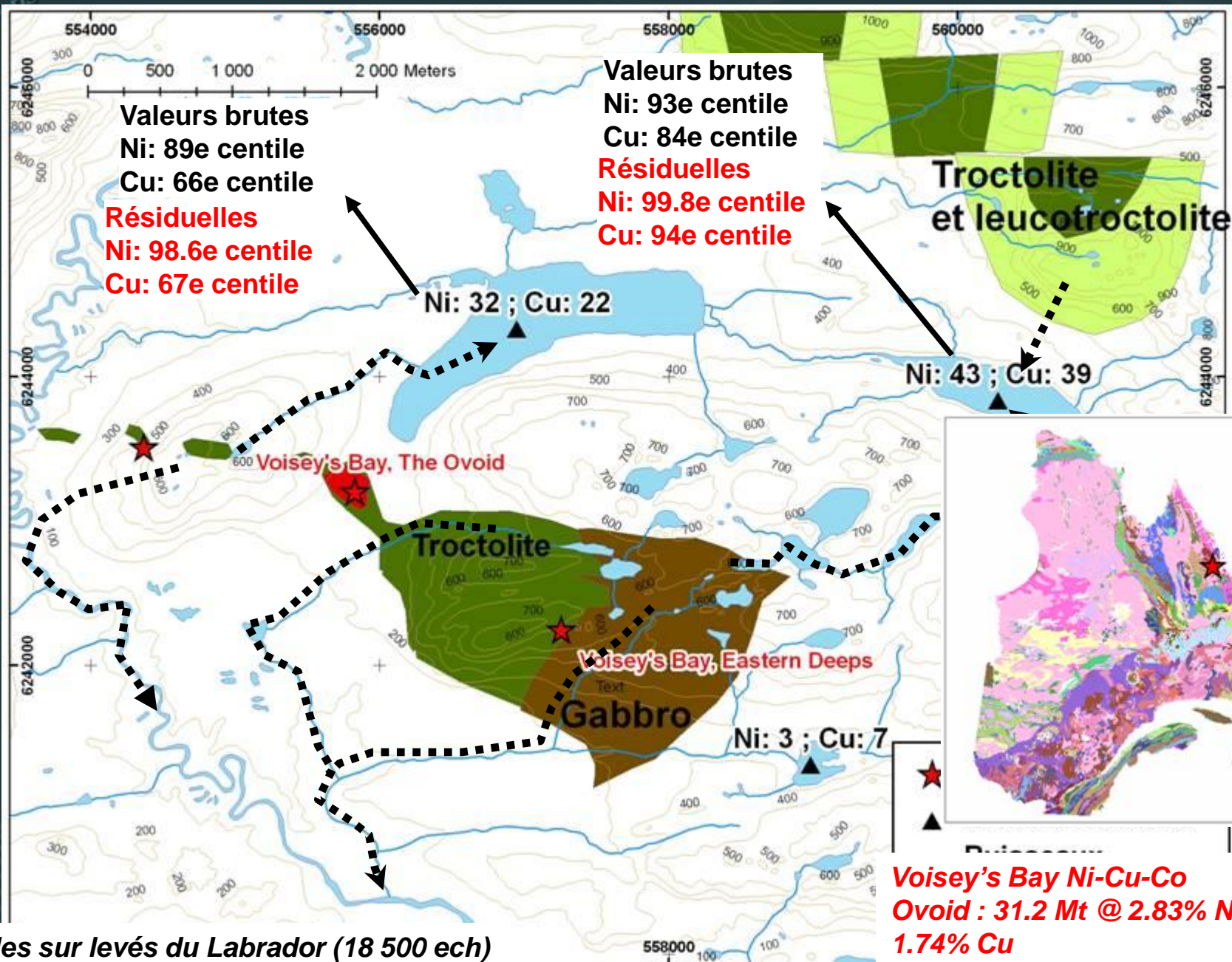
*Valeurs brutes en Cu vs. Perte au Feu*

*Anomalies en Cu de la Régression multiple spatiale vs. Perte au Feu*





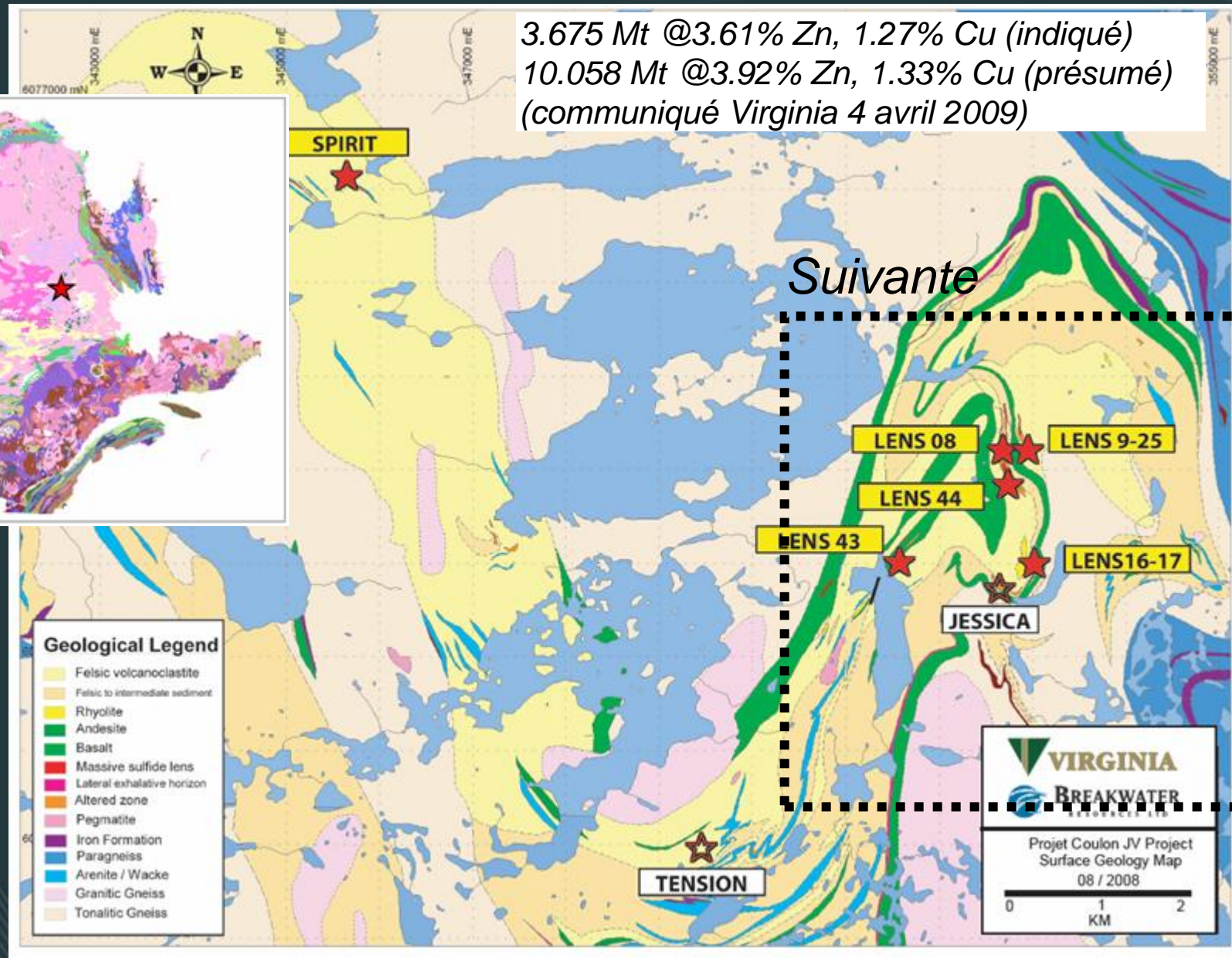
# Voisey's Bay



Centiles sur levés du Labrador (18 500 ech)

# Coulon

3.675 Mt @3.61% Zn, 1.27% Cu (indiqué)  
 10.058 Mt @3.92% Zn, 1.33% Cu (présumé)  
 (communiqué Virginia 4 avril 2009)



**Geological Legend**

Yellow	Felsic volcanoclastite
Light Yellow	Felsic to intermediate sediment
Yellow-Green	Rhyolite
Green	Andesite
Dark Green	Basalt
Red	Massive sulfide lens
Orange	Lateral exhalative horizon
Light Orange	Altered zone
Pink	Pegmatite
Purple	Iron Formation
Blue	Paragneiss
Light Blue	Arenite / Wacke
Light Purple	Granitic Gneiss
Light Yellow-Green	Tonalitic Gneiss

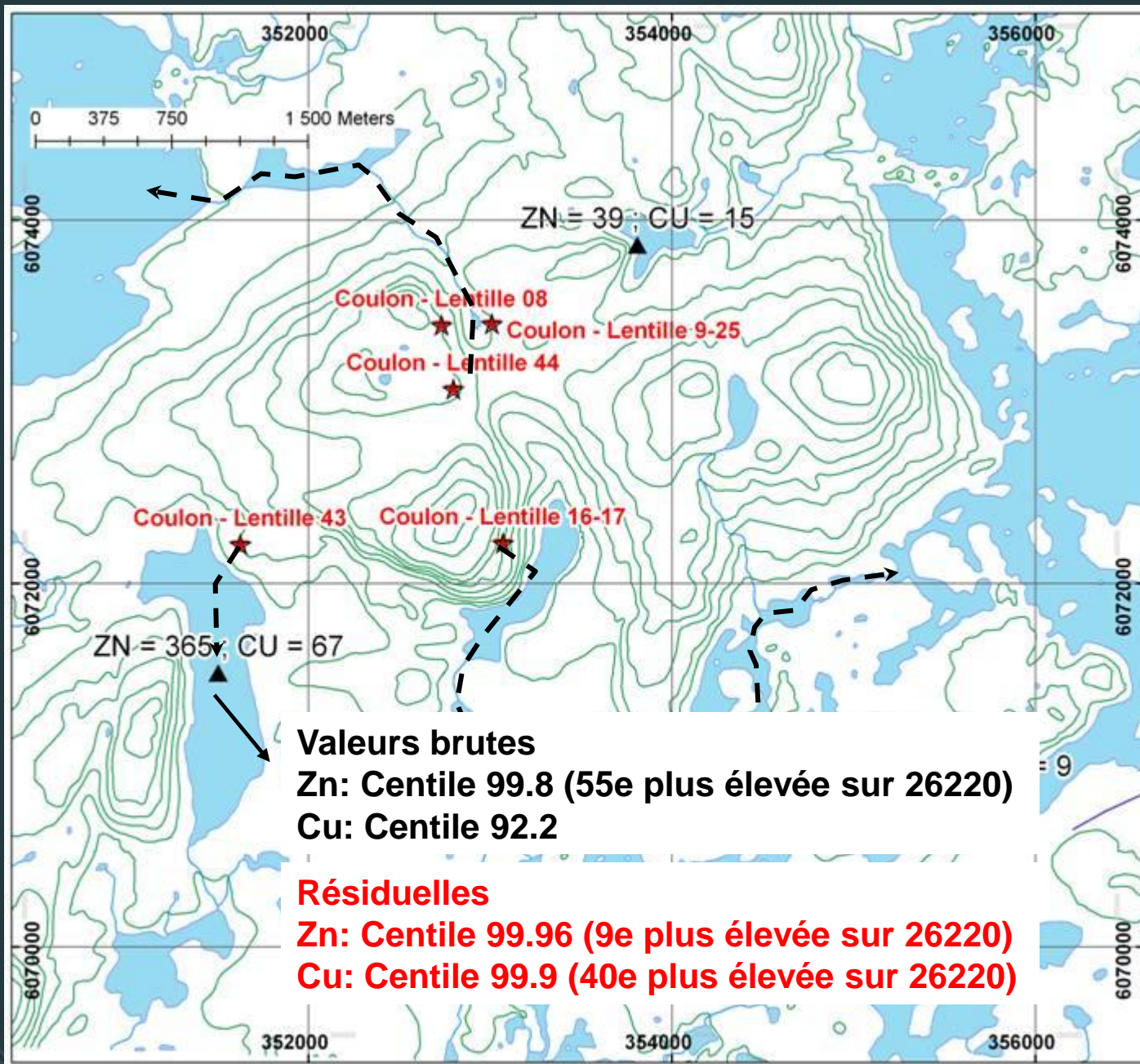
**VIRGINIA**  
**BREAKWATER**  
 ASSOCIATES

Projet Coulon JV Project  
 Surface Geology Map  
 08 / 2008

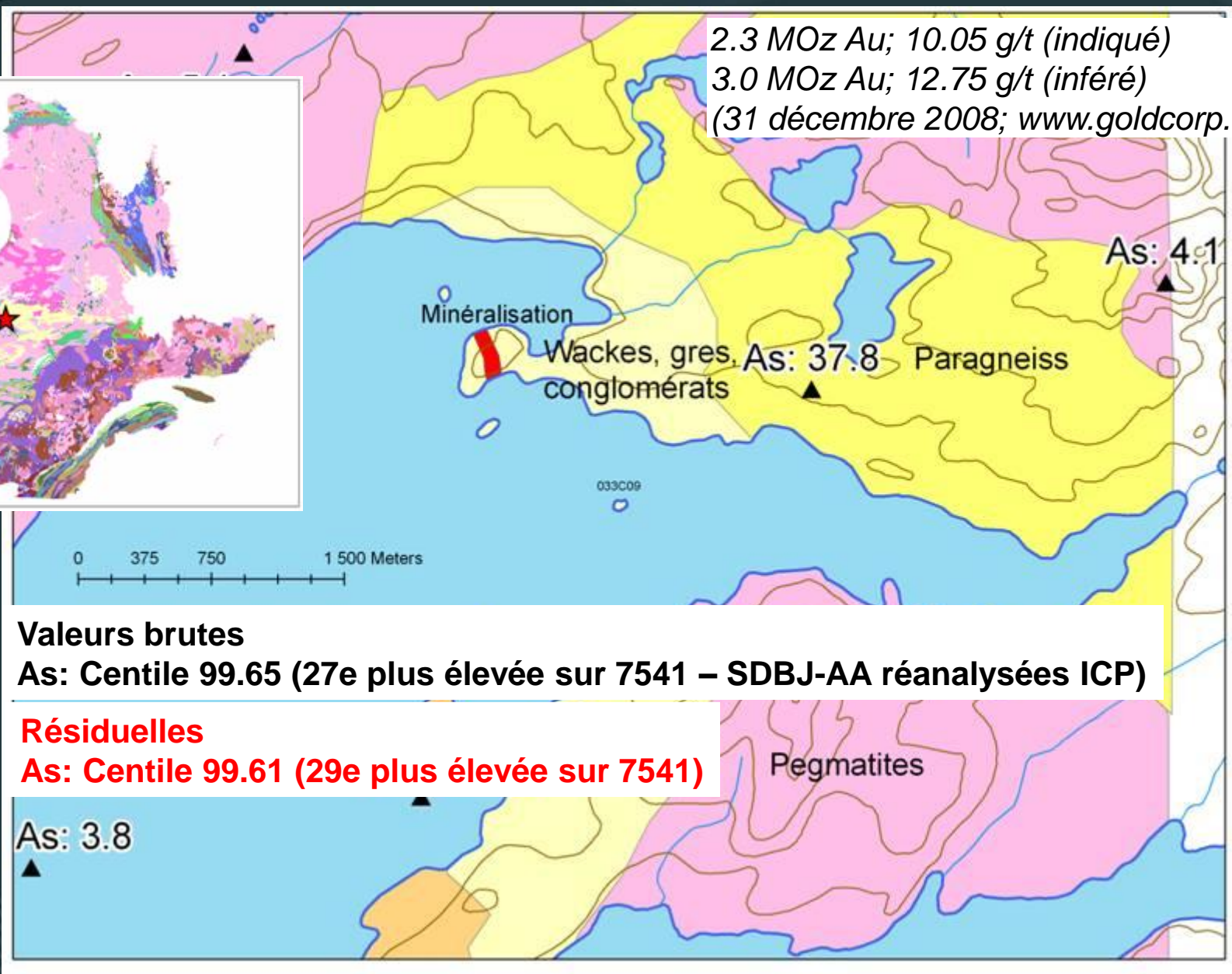
0 1 2  
 KM

*Suivante*

# Coulon



# Éléonore



2.3 MOz Au; 10.05 g/t (indiqué)  
3.0 MOz Au; 12.75 g/t (inféré)  
(31 décembre 2008; www.goldcorp.com)

## Valeurs brutes

As: Centile 99.65 (27e plus élevée sur 7541 – SDBJ-AA réanalysées ICP)

## Résiduelles

As: Centile 99.61 (29e plus élevée sur 7541)

As: 3.8

# Conclusions

- Pour les sédiments de lacs:
- Préférable d'utiliser des méthodes avancées (multivariées – géostatistiques) de traitement d'anomalies géochimiques pour les éléments ayant un rapport signal / bruit faible → Ex: métaux de base
- Des méthodes simples suffisantes pour les éléments ayant un rapport signal / bruit élevé → Ex: As, U, Au. Ex: Éléonore
- Voisey's Bay et Coulon illustrent bien l'utilité de méthodes plus avancées avec les métaux de base

## Pour plus de détails..

- Document GM-62922 (Consorem)
  - Rapport sur les signaux géochimiques dans les sédiments de lacs
  - Inclue base de données nivelées (2005) pour tous les levés du Québec – technique existante perfectionnée au Consorem
- Site web du Consorem ([www.consorem.ca](http://www.consorem.ca))
  - Rapports 2004-09 et 2005-03 – Détails sur la technique de régression spatiale et d'autres techniques de rehaussement d'anomalies
  - Présentations publiques
- Données pour tout le Québec traitées par la technique de régression spatiale **seront publiées au PDAC 2010** – EP-2010-01 – réalisé par Daniel Lamothe (MRNF)
  - Utilise logiciel de régression spatiale développé au Consorem
  - Contindra données nivelées à jour