

Forum Technologique CONSOREM 2012 Rouyn-Noranda  
19 septembre 2012

# Optimisation des données de till pour l'exploration des gisements de métaux usuels

*Présenté par: Sylvain Trépanier*  
**Géologue de recherche, Mines Virginia**

PARTENAIRES

OSISKO  
EXPLORATION

AURIZON

Cameco

RICHMONT

RESSOURCES  
d'ARIANNE

MDN

SOQUEM

CARTIER  
RESSOURCES

xstrata  
ZINC

VIRGINIA

AGNICO-EAGLE

ANGLO  
AMERICAN

ALEXIS

Développement  
économique, Innovation  
et Exportation



Développement  
économique Canada

FOCUS  
GRAPHITE



Donner Metals Ltd

Ressources naturelles  
et Faune

Québec

ONHYM

UQAC

UQAM

URSTM/UQAT

CRÉ CONFÉRENCE RÉGIONALE DES ÉLUS  
TASHEWAN LAC SAINT JEAN

Québec

GERTM

Québec

UQAC

## Tills et exploration pour métaux usuels (Zn, Cu, Ni, Pb)

- Projet Consorem sur le till
- Objectif:
  - Réévaluation des méthodes de traitement du till pour l'exploration des gisements de métaux de base
  - Amélioration du traitement des résultats pour obtenir de meilleures cibles d'exploration
  - Présentation de quelques uns des aspects étudiés dans le cadre du projet

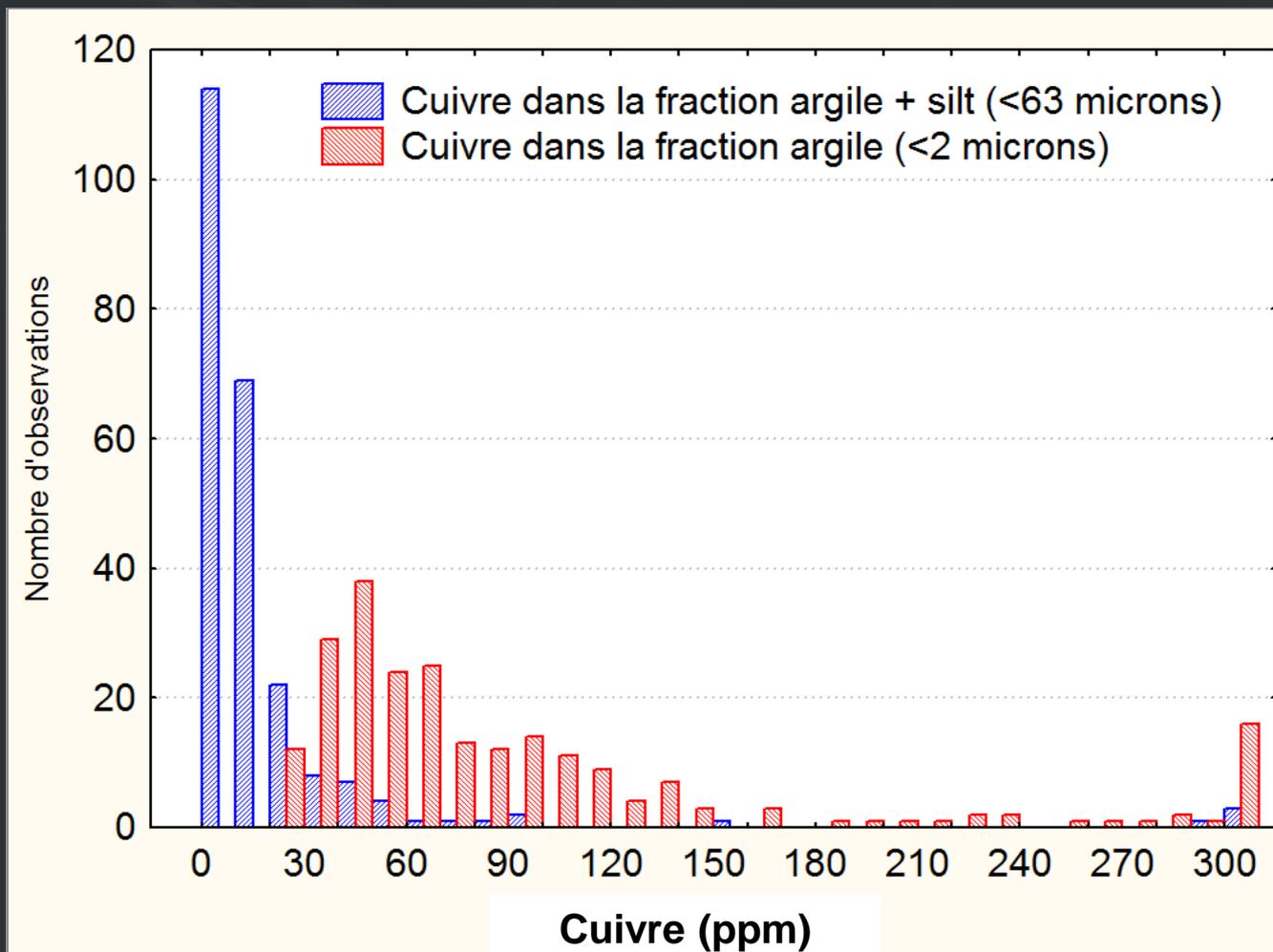
## Tills et exploration pour métaux usuels (Zn, Cu, Ni, Pb)

- 3 méthodes typiques
  - Analyse chimique de la fraction fine silt+argile (<63 microns)
    - → méthode la plus simple, la moins coûteuse et la plus utilisée historiquement
  - Analyse chimique d'un concentré non-magnétique de minéraux lourds
  - Minéraux indicateurs d'un concentré de minéraux lourds (ex: gahnite, staurotide-Zn, etc)

## Plan de la présentation

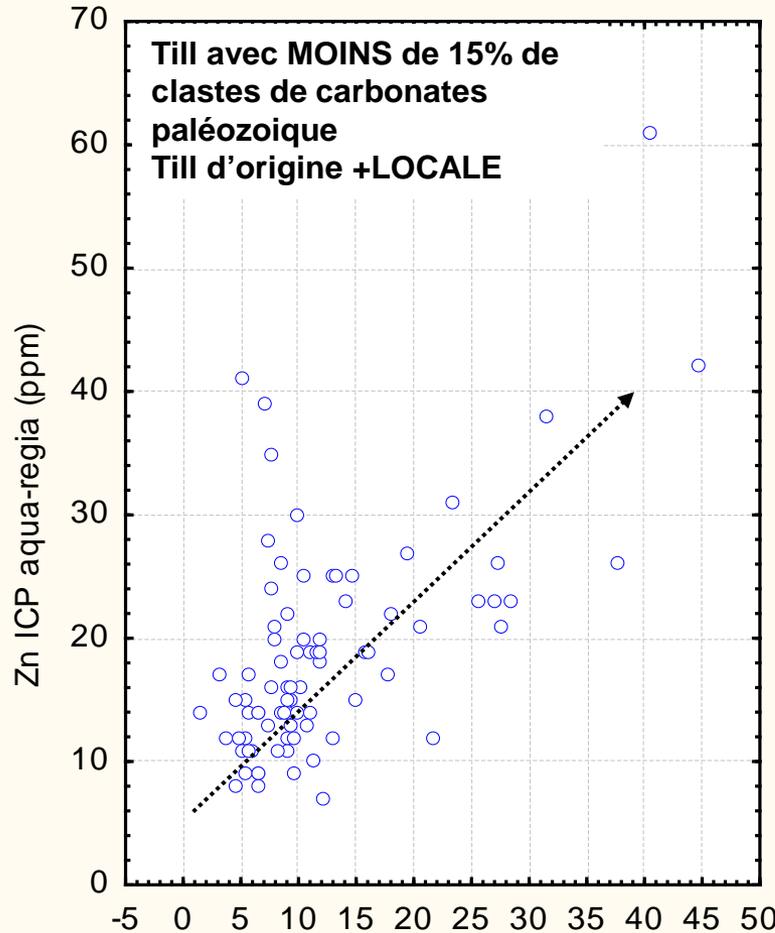
- Optimisation des analyses de la fraction fine <63 microns
  - Effets indésirables de la variation du % argiles dans les tills sur les teneurs en métaux.... et solutions!
- Effet de l'oxydation des tills sur les teneurs en métaux de base des concentrés de minéraux lourds

## Répartition des métaux dans les fractions granulométriques du till

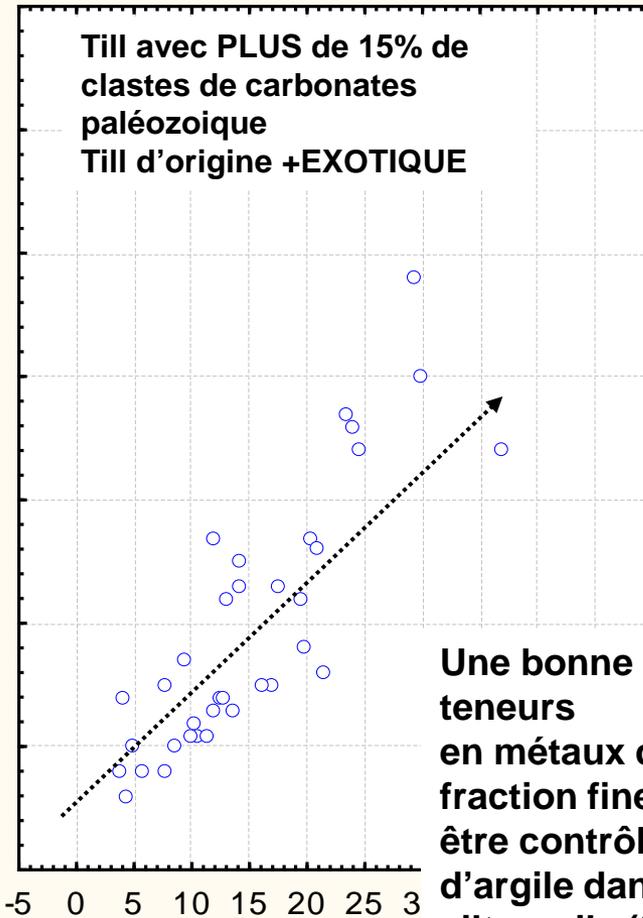


Données du secteur de Manitouwadge, Ontario (CGC; OF-2616; Kettles, 1993)

# Proportion d'argiles dans la fraction fine (silt+argile) du till de Matheson et teneur en Zn



< 15% de cailloux paléozoïques



> 15% de cailloux paléozoïques

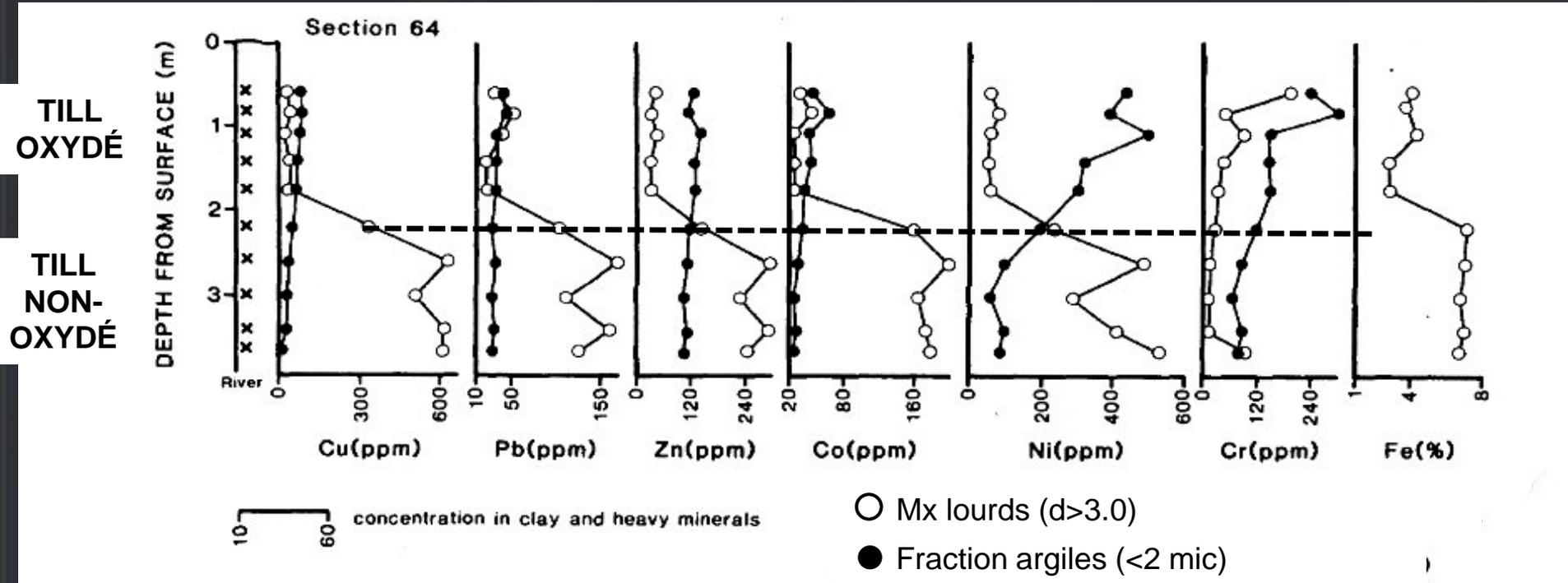
% Argile dans la fraction Silt+Argile

**Une bonne partie des teneurs en métaux de base de la fraction fine du till peut être contrôlée par le % d'argile dans la fraction silt+argile (Shilts, 1995)**

## Fraction fine et métaux usuels

- Les fractions les plus fines des tills (<4 microns) sont fortement anormales en métaux par rapport aux autres (Shilts, 1995; Tarvainen, 1995; Klassen, 2001, etc.)
- 2 hypothèses proposées dans le passé (Shilt, 1995)
  1. Processus d'oxydation du till près de la surface → métaux dissous fixés par adsorption sur les particules argileuses fines → **Secondaire**
  2. Les minéraux des fractions les plus fines du till sont plus riches en métaux (dans leur structure) → **Primaire**
- Les deux peuvent se produire en réalité!
  - Primaire démontré par Shilts, 1995 → enrichissement des fractions fines observé dans tills non oxydés
  - Secondaire démontré possible par Shaw, 1988

# Oxydation du till et métaux fraction argileuse



*Tiré de Shaw, 1988*

L'oxydation du till provoque la destruction de minéraux portant des métaux.  
 Dans le cas illustré, ils se concentrent dans la fraction argileuse  
 Dans d'autres cas, les métaux libérés peuvent être expulsés du système par l'eau

## Fractions granulométriques et métaux usuels

Séparation d'un échantillon de till du district de Keewatin en différentes fractions (échantillon 80LAAMK-025; Shilts, 1995) – Till NON-OXYDÉ

Fraction	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ni ppm	U ppm	Fe %
Total (« Bulk »)	145	665	54	31	8.5	2.1
Gravier >2 mm	74	450	70	72	8	3.4
Sable grossier 250-2000 microns	50	330	46	25	3.9	2.2
Sable fin – Silt grossier 44-250 microns	<b>43</b>	<b>250</b>	<b>37</b>	<b>18</b>	<b>3.7</b>	<b>1.4</b>
Silt 4-44 microns	124	490	50	20	8	2
Argile 1-4 microns	816	2600	120	52	<b>44</b>	4.3
Colloïde <1 microns	<b>1390</b>	<b>4000</b>	<b>192</b>	<b>72</b>	11	<b>5.5</b>

## Résidence des métaux de transition dans les minéraux des roches métamorphiques typiques, non-minéralisées

	Gneiss dioritique (Schröter et al., 2004)			Micaschiste (métapélite; El Korh et al., 2009)		Schiste vert (métabasalte; El Korh et al., 2009)	
	Co	Ni	Cu	Ni	Zn	Ni	Zn
Apatite	0.08	0.5	1.9	18	13	<b>0.48</b>	<b>0.73</b>
<b>Biotite</b>	<b>76</b>	<b>22</b>	<b>360</b>				
Muscovite	3.6	1.2	26				
<b>Chlorite</b>				<b>394</b>	<b>1168</b>	<b>323</b>	<b>418</b>
Phengite				92	112	21	25
Grenat				4	30	3.4	18
Tourmaline				80	357		
Épidote				9.9	6.3	6.4	5.6
<b>Albite</b>				<b>&lt;0.42</b>	<b>0.69</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;2.6</b>
<b>Quartz</b>	<b>0</b>	<b>0.03</b>	<b>0.08</b>				

Les phyllosilicates des roches sont naturellement enrichis en métaux  
Le quartz et les feldspath sont particulièrement pauvres en métaux

## Processus glaciaires et variations minéralogiques/granulométriques du till

- Durant broyage des débris rocheux par le glacier → minéraux primaires diminuent de taille. Atteignent une taille dite « terminale » qui diffère selon les minéraux (Dreimanis et Vagners, 1971)
- Minéraux les moins résistants → taille terminale atteinte rapidement avec peu de broyage (ex: micas). Taille terminale: argiles
- Minéraux plus résistants (ex: quartz et feldspath) → broyage plus long pour atteindre leur taille terminale, plus grossière. Taille terminale: silt / sable fin.



## Variation du pct argile dans tills

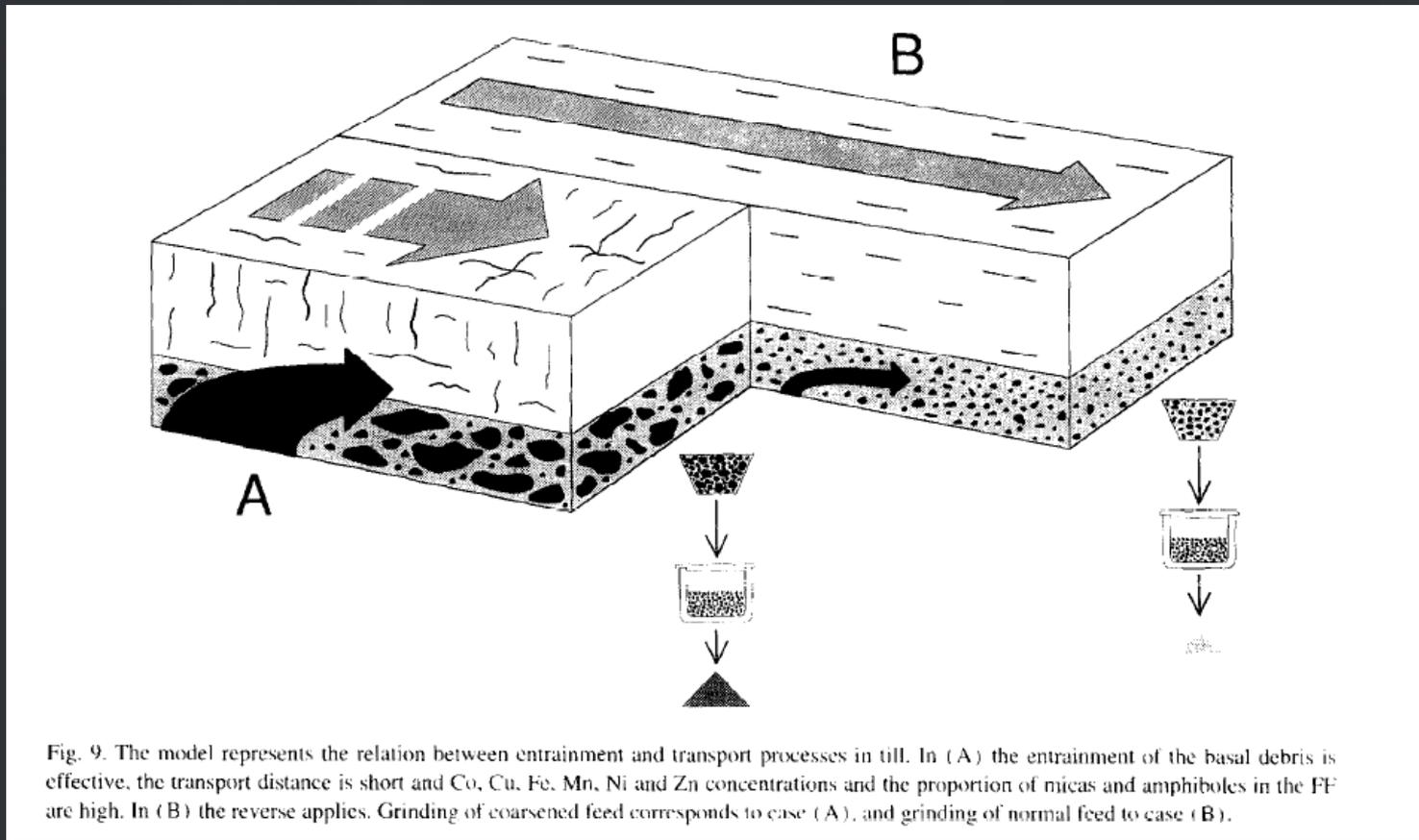


Fig. 9. The model represents the relation between entrainment and transport processes in till. In (A) the entrainment of the basal debris is effective, the transport distance is short and Co, Cu, Fe, Mn, Ni and Zn concentrations and the proportion of micas and amphiboles in the FF are high. In (B) the reverse applies. Grinding of coarsened feed corresponds to case (A), and grinding of normal feed to case (B).

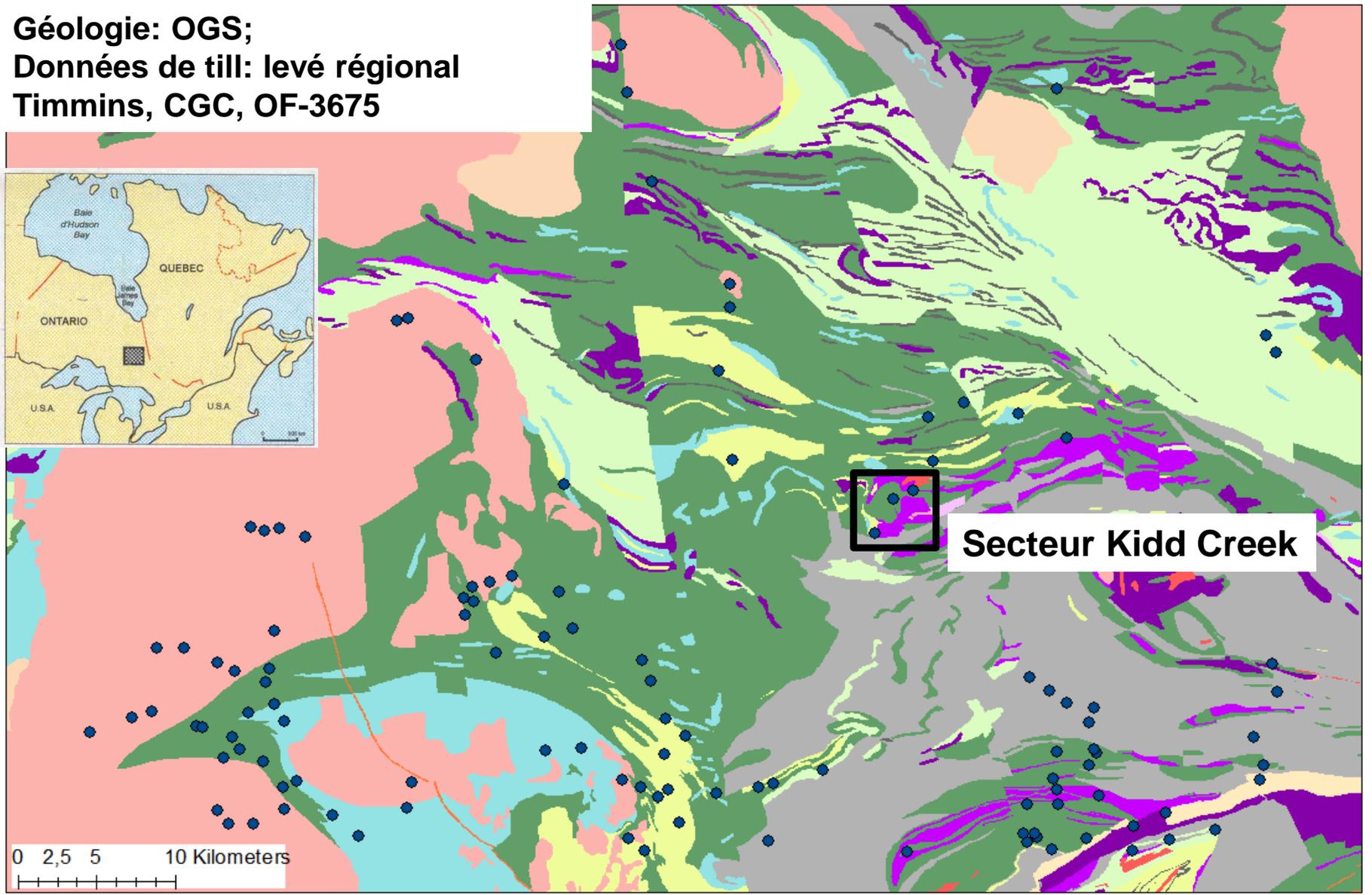
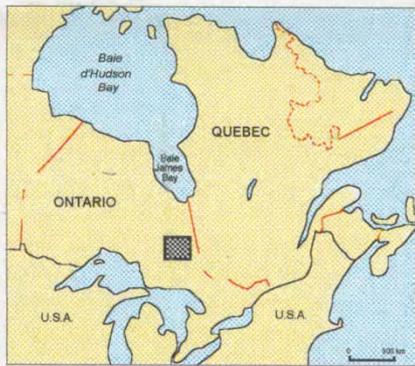
- Pct argiles varie selon processus glaciaires → ex: entraînement de nouveau débris vs. Abrasion → maturité texturale du till (Makinen, 1995)

## Solutions possibles

- La variation du % d'argiles dans les tills influence la teneur en métaux de base → bruit de fond indésirable qui peut masquer les anomalies dues aux minéralisations
- Solution possible: Séparer/analyser la fraction argileuse du till, démontrée plus homogène en termes de composition minéralogique (Shilts, 1995) → mais très coûteux
- Autre solution: Diviser teneurs par éléments chimiques analysés se corrélant bien avec le % de fraction argileuse du till (ratio Métal / Élément)
  - Al ou Mg aqua regia – viennent de biotite et chlorite principalement (Shilts, 1995; Klassen, 2001)
  - **Peu testé sur des levés contenant des minéralisations – on ne sait pas si ces corrections améliorent la détection des minéralisations**

# Mine Kidd Creek (SMV Zn-Cu)

Géologie: OGS;  
Données de till: levé régional  
Timmins, CGC, OF-3675



**Secteur Kidd Creek**

# Mine Kidd Creek (CGC, levé OF-3675. N=144)

**Mine Kidd Creek: Gisement Zn-Cu géant**  
**Production jusqu'en 2003:**  
**124Mt à 6.2% Zn, 2.3% Cu (Gibson et al, 2003). Produira jusqu'en 2017 au moins...**

## Centiles sur le levé complet

Méthode	Élément	500m SE mine
P Brut	Cu	73
	Zn	82
	Pb	54
AI ICP	Cu	97.7
	Zn	98.5
	Pb	97.6
K ICP	Cu	85
	Zn	96
	Pb	79
Mn ICP	Cu	74
	Zn	82
	Pb	54

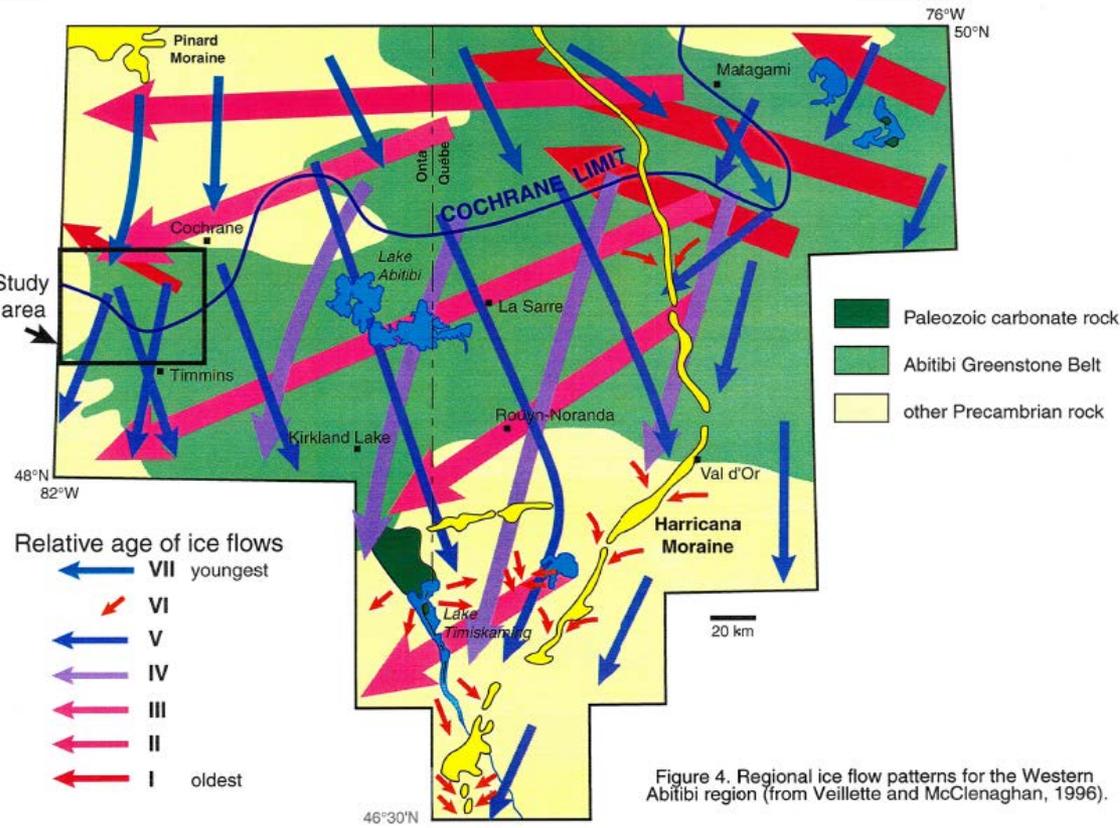
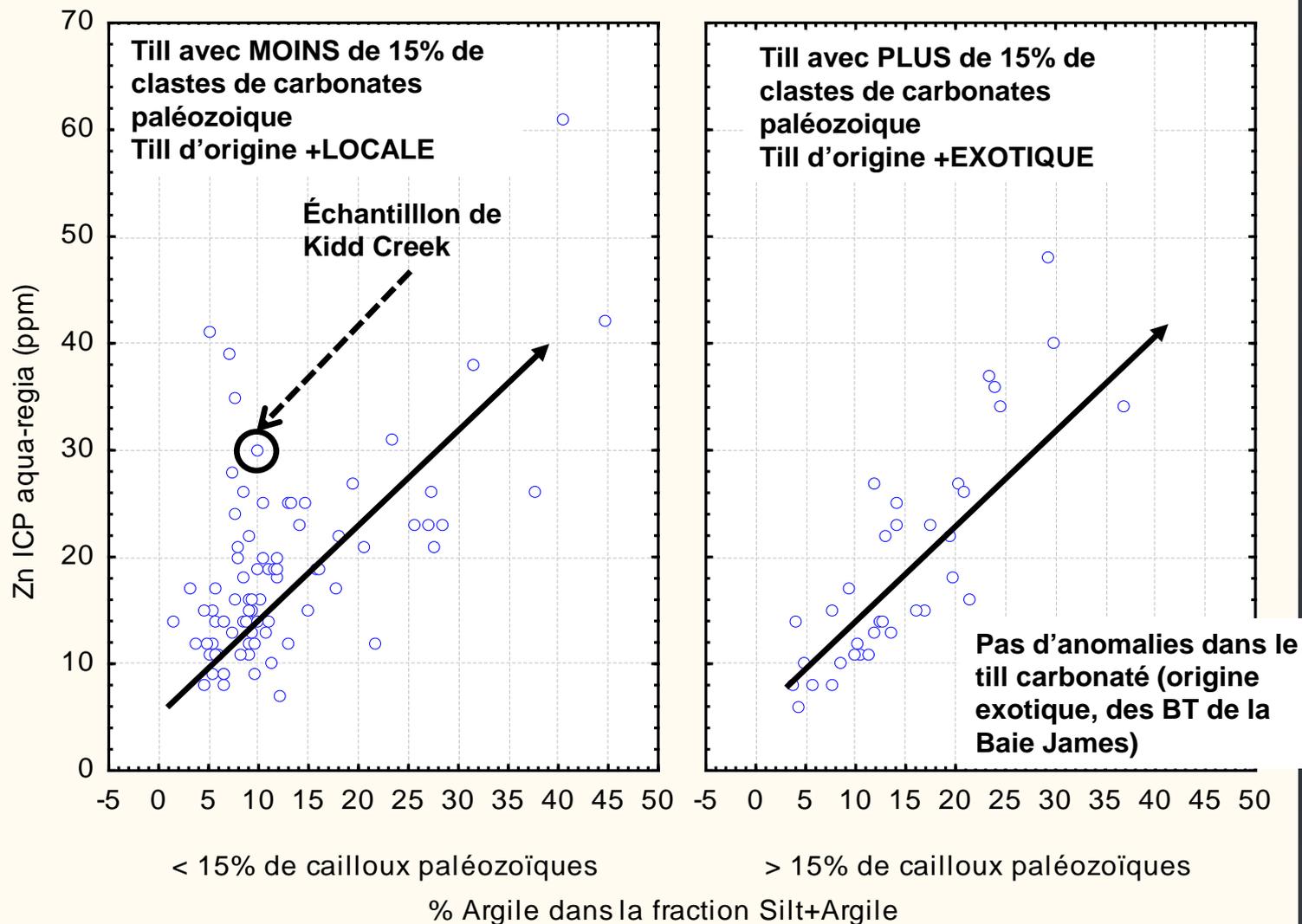


Figure 4. Regional ice flow patterns for the Western Abitibi region (from Veillette and McClenaghan, 1996).

**classement de façon significative**  
**cas de SMV également**

## Proportion d'argiles dans la fraction fine (silt+argile) du till de Matheson et teneur en Zn

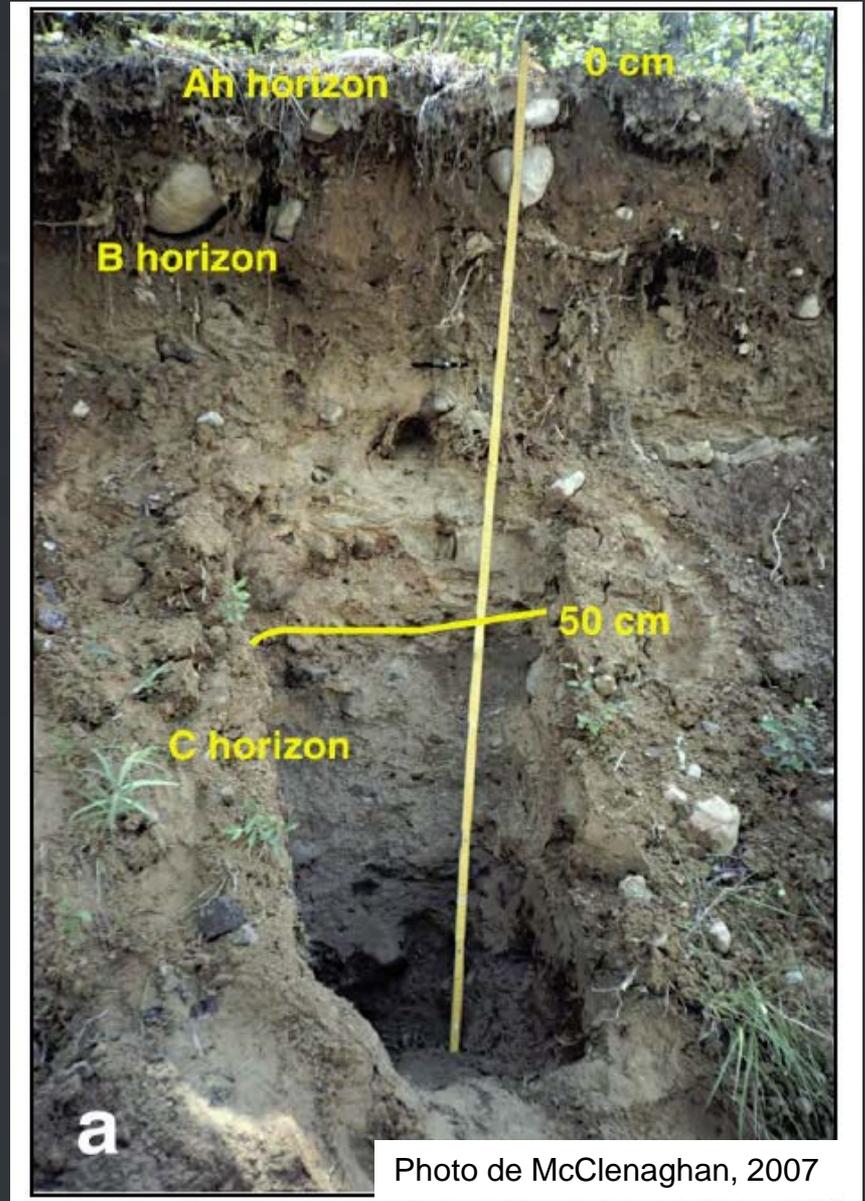


## Plan de la présentation

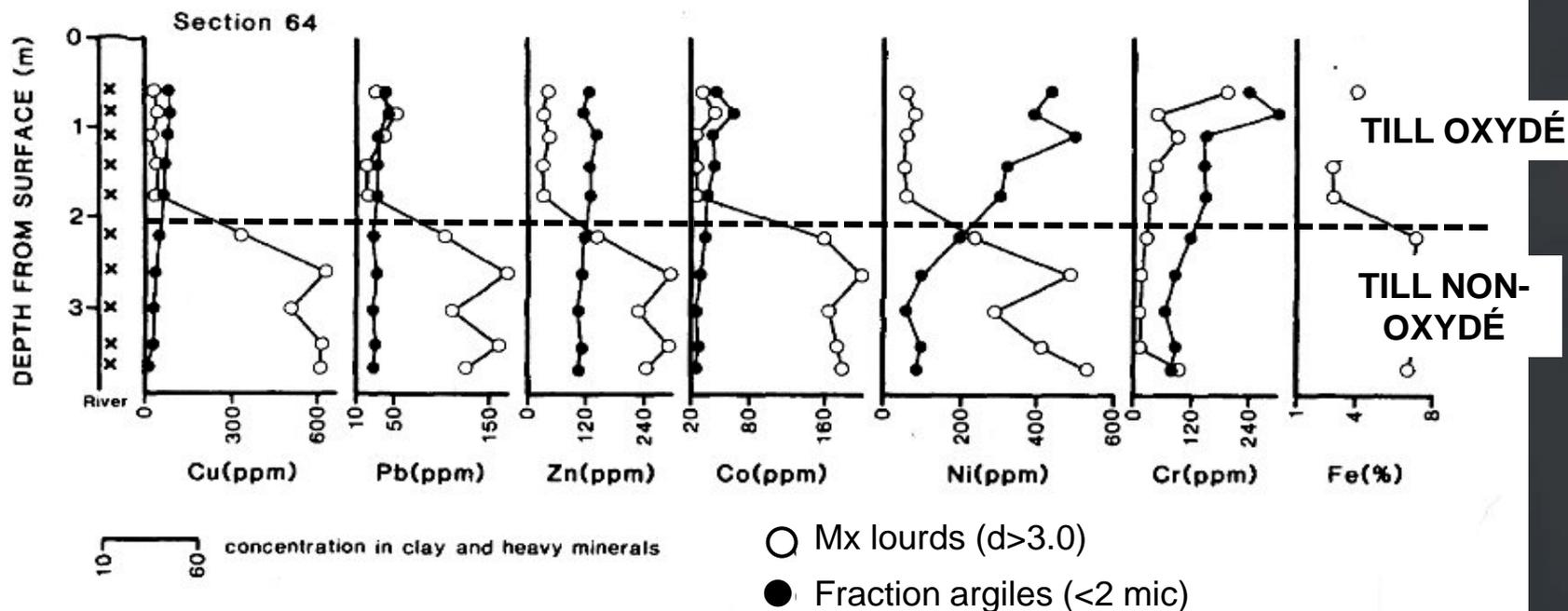
- Optimisation des analyses de la fraction fine <63 microns
- Effet de l'oxydation des tills sur les teneurs en métaux de base des concentrés de minéraux lourds

# Météorisation post-glaciaire

- Oxydation du till
- Lors de l'oxydation, le till, normalement gris, prend une teinte progressivement plus brunâtre
- Plus marqué plus on s'approche de la surface
- +Fe, Al, Mn, ± matière organique  
+oxydes/hydroxydes
- Perte Carbonates Ca-Mg, sulfures, silicates ferromagnésiens.



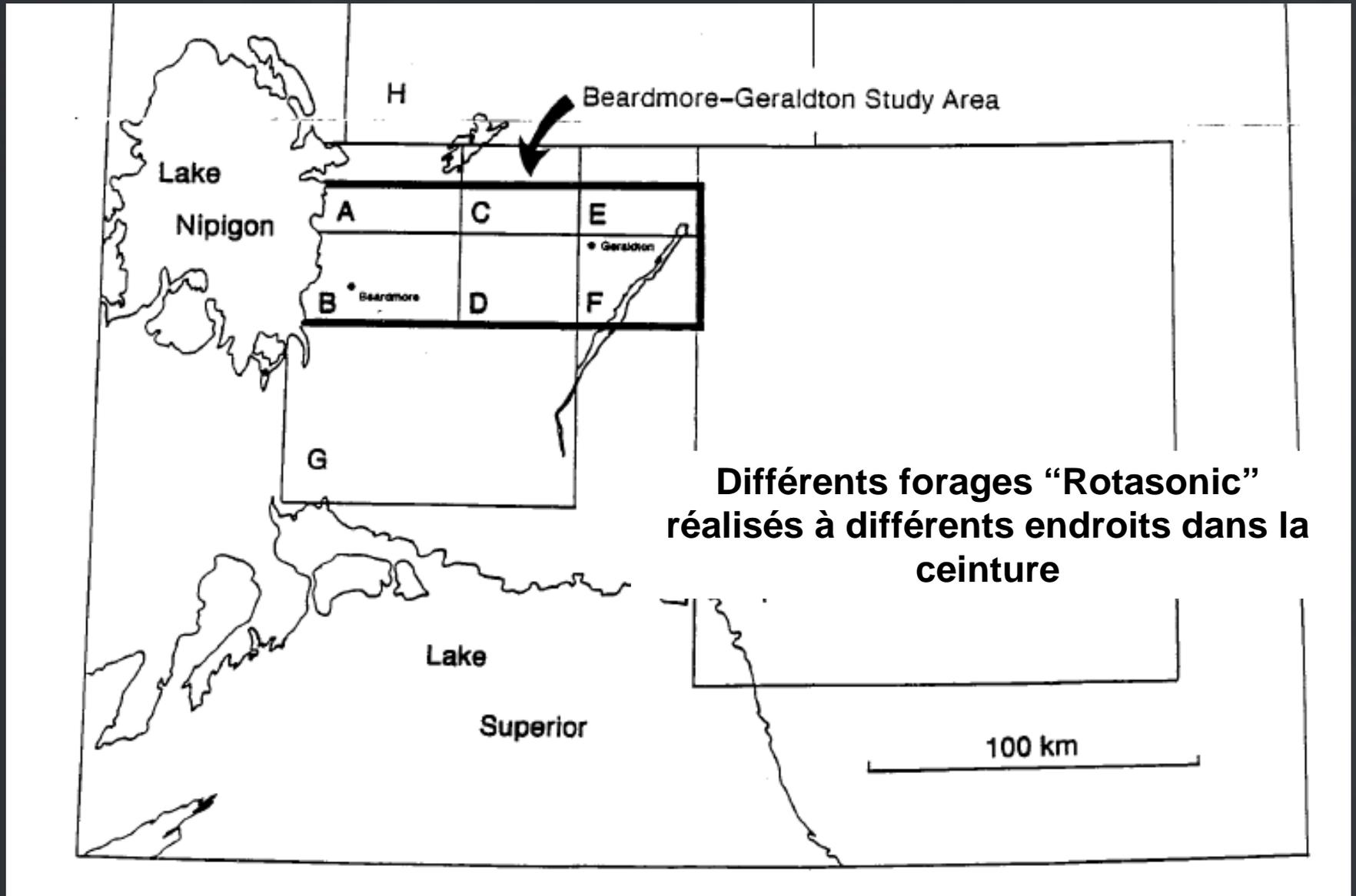
## Oxydation du till et métaux minéraux lourds



*Tiré de Shaw, 1988*

- Dans l'exemple montré ici (tills développé sur une ophiolite en Estrie), l'oxydation détruit les minéraux lourds porteurs de Ni, Co, Zn, Pb et Cu jusqu'à environ 2m.
- Dans ce cas, les métaux libérés par l'oxydation se fixent en partie sur la fraction argileuse.

# Exemples: forages quaternaires Beardmore-Geraldton

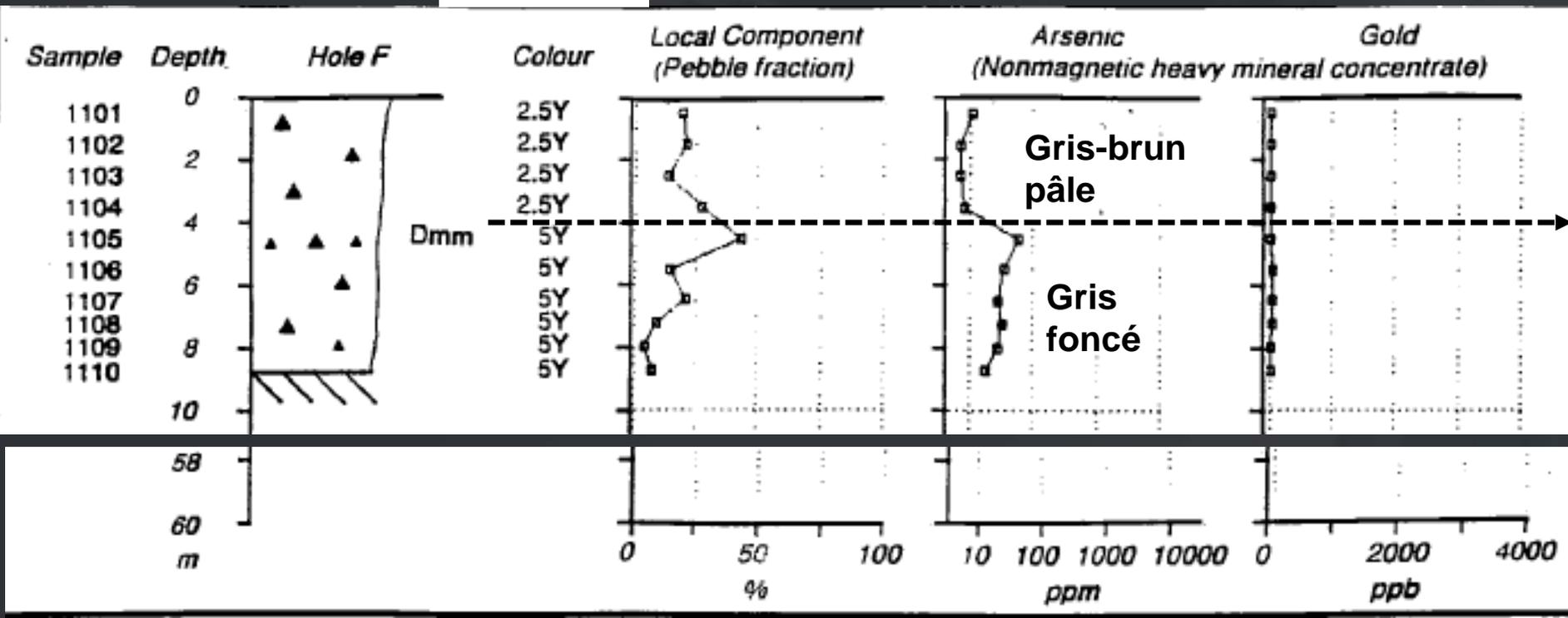


# Exemples: forages quaternaires Beardmore-Geraldton

**COULEUR  
MUNSELL**

**As Lourds**

**Au Lourds**

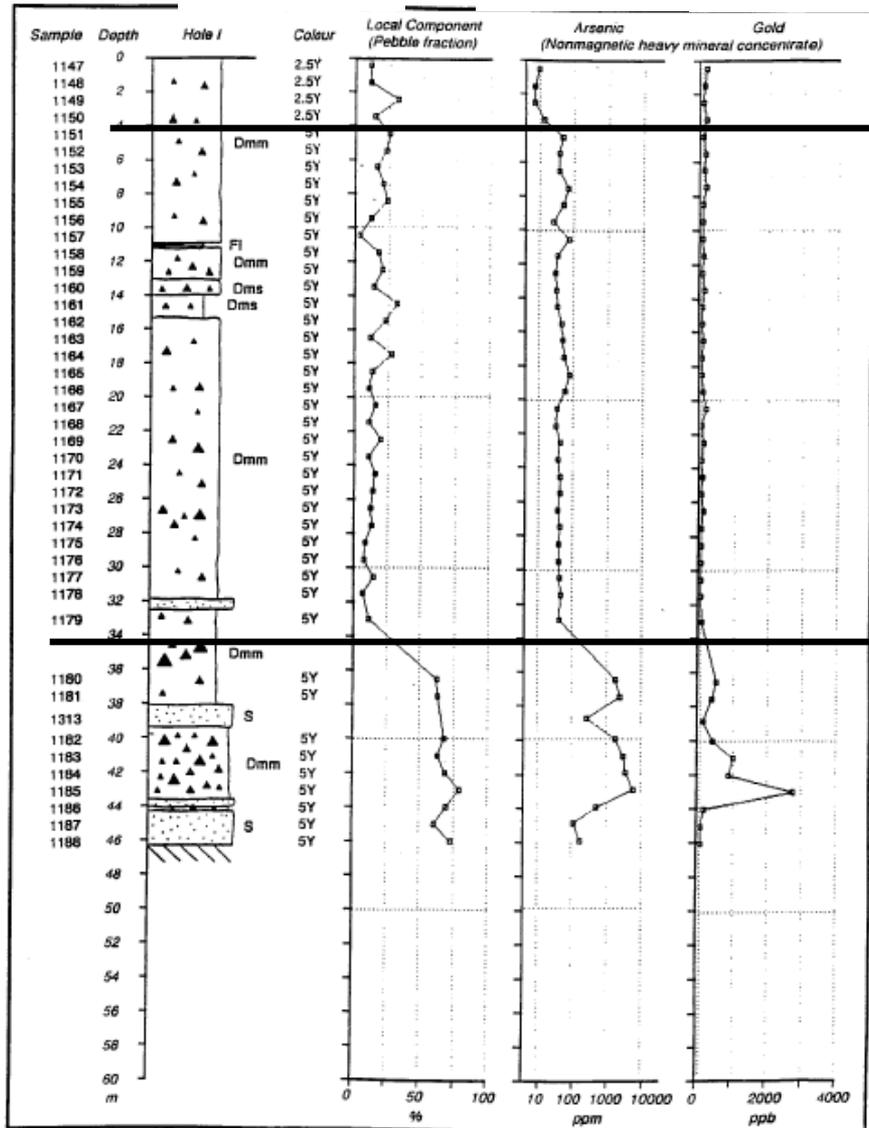


Lessivage de 75-90% de As du concentré de minéraux lourds entre 0 et 3.5 m dans cette section



# Exemples: forages quaternaires Beardmore-Geraldton

COULEUR As Lourds Au Lourds



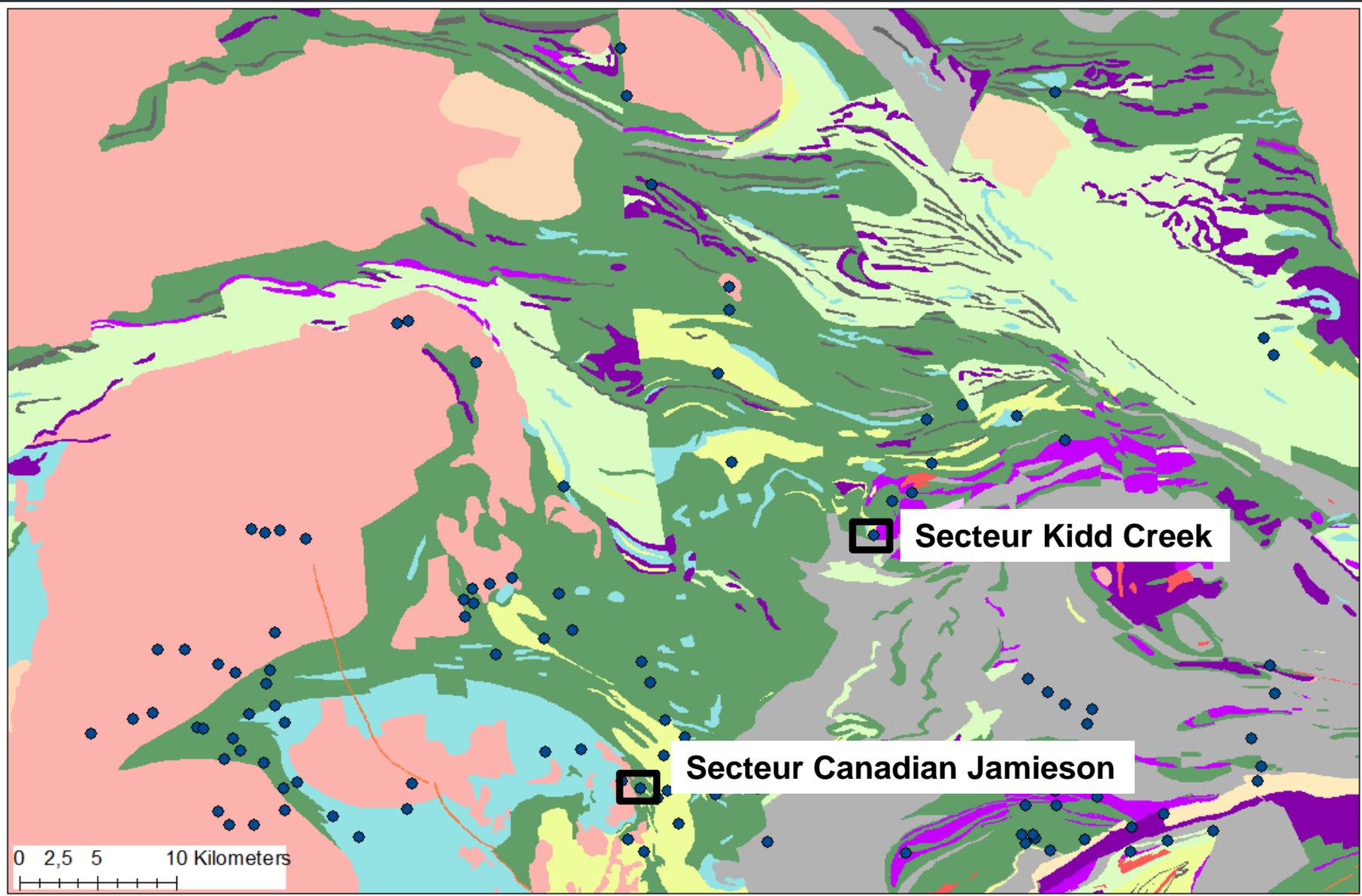
0 – 4m : Till gris-brun. As lessivé du concentré

4 – 34m : Till gris foncé. Teneur en As constante  
Fort % de clastes exotiques

34 – 46m: Till gris. Teneur en As élevée.  
Fort % de clastes locaux  
Anomalies Au-As, signal d'une minéralisation connue en amont glaciaire

Systematique dans tous les forages de la région

# Mines Kidd Creek et Canadian Jamieson (SMV Zn-Cu)



## Mines Kidd Creek et Canadian Jamieson (SMV Zn-Cu)

**Centiles sur le levé complet  
(dossier public 3675, CGC)**

Méthode	Élément	Kidd Creek 96MPB6130	Kidd Creek, centiles	Canadian Jamieson 96MPB6048	Canadian Jamieson centiles
Mx lourds non- mag d>3.2 ICP	Cu	176 ppm	98	4 ppm	25
	Zn	141 ppm	98	18 ppm	78
	Pb	16 ppm	94	9 ppm	45
Fines <63 microns ICP	Cu	16 ppm	73	12 ppm	45
	Zn	30 ppm	82	104 ppm	100
	Pb	5 ppm	54	3 ppm	5

A Kidd Creek, les minéraux lourds répondent très bien, mais les fines répondent mal...

Contraire pour Canadian Jamieson. Pourquoi?

Kidd Creek: Till « gris » (non oxydé) – Profondeur 3.0m, dans « open pit »  
sulfures encore présents dans le concentré

Canadian Jamieson: Till « brun-olive pâle » (oxydé) – Profondeur 4.0m, mais coupe de route  
sulfures détruits du concentré et fixés sur la fraction fine

# Conclusions

- Analyse de la fraction fine pour métaux usuels
  - Diviser les teneurs en métaux par Al aqua-regia pour enlever l'effet de la variation du % d'argile dans les échantillons sur les teneurs
- Analyse des concentrés de minéraux lourds pour métaux usuels (incluant Arsenic)
  - N'utiliser ce type d'analyse que pour des tills complètement frais (normalement grisâtres) → sinon trop grande complexité induite par le degré d'oxydation
  - Oxydation semble souvent aller jusqu'à plusieurs mètres, selon les métaux et le contexte → peut être difficile d'aller sous la zone d'oxydation pour levés faits à la pelle, en surface
  - Privilégier la fraction fine plutôt que concentré pour Cu, Zn, As dans levés avec till prélevés en surface (McClenaghan, 1992).