

# Forum Technologique CONSOREM-DIVEX 2011

Une nouvelle méthode de calcul des bilans de masse pour caractériser l'altération associée à l'or dans les roches sédimentaires clastiques

*Sylvain Trépanier (CONSOREM)*

ALEXIS



Cameco

MDN inc.

SOQUEM

VIRGINIA

AURIZON



OSISKO  
EXPLORATION

xstrata  
copper

CARTIER  
RESSOURCES

RICHMONT



xstrata  
zinc

ONHYM



CRÉ CONFÉRENCE RÉGIONALE DES ÉLUS  
SAGUENAY-LAC-SAINT-JEAN

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

Ressources naturelles  
et Faune  
Québec

Canada  
Développement  
économique Canada

UQÀM  
Université du Québec à Montréal

URSTM/UQAT

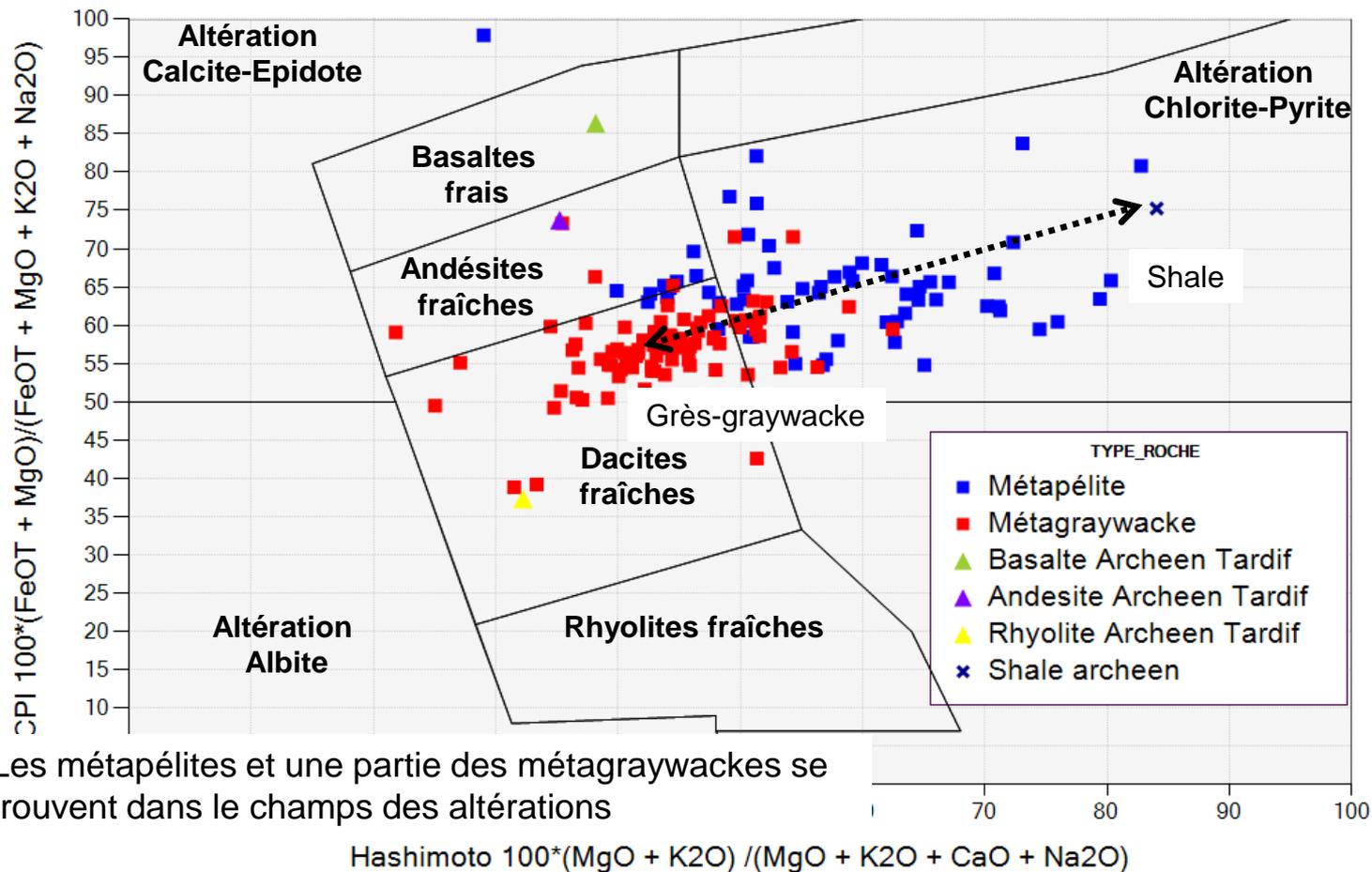
UQAC

# Problématique

- De plus en plus de gisements d'or du Québec sont localisés totalement ou partiellement dans des roches métasédimentaires
  - Ex: Eleonore (Goldcorp), Joanna (Aurizon), Canadian Malartic (Osisko)
- Peut-on utiliser les outils lithogéochimiques usuels pour quantifier l'altération hydrothermale des roches métasédimentaires?
- Diagrammes suivants basés sur données de turbidites du Supérieur de Doyon, 2004 → analyses de différents bassins en contexte non-minéralisé (Pontiac, Quetico, Opinaca...)

# Bassins de turbidites du Supérieur

Altération Box Plot modifié (Large et al., 2001, modifié Consorem, 2009) N=158



Les métapélites et une partie des métagraywackes se trouvent dans les champs des altérations

Roches ignées seulement. Les champs du diagramme ont été modifiés par rapport à l'original pour mieux correspondre au spectre de roches fraîches (incluant ultramafiques).

# Problématique

- Outils lithogéochimiques doivent être adaptés aux roches sédimentaires
- Développement d'une méthode de calcul des bilans de masse pour les roches métasédimentaires du Supérieur

## Bilans de masse pour quantifier altération

- Calcul des gains et des pertes d'éléments chimiques lors de l'altération hydrothermale (Gresens, 1967)
- Nécessite:
  - Analyse chimique de la roche altérée
  - Composition du précurseur non-altéré pour une roche altérée
    - En élément mobiles
    - En un élément immobile (ou mesures de densité)
- Comment choisir un précurseur approprié pour une roche métasédimentaire altérée?
  - Ex: le précurseur d'un échantillon altéré est-il un métagraywacke, une métapélite, un mélange?
  - Sachant que le précurseur peut changer assez rapidement

# Composition des roches sédimentaires

- Processus à l'origine des variations chimiques dans roches sédimentaires (Fralick et Kronberg, 1997)
  - Composition de la source
  - Météorisation chimique
  - Tri hydraulique (grès vs. Shale)
  - Altération hydrothermale
- Peuvent être étudiés à l'aide d'éléments chimiquement peu mobiles, caractérisés selon leur comportement hydrodynamique
  - Éléments concentrés dans la fraction argileuse. Ex: Al, Ti
  - Éléments concentrés dans la fraction gréseuse. Ex: Zr, Y
- Au départ pour identifier les sources des roches sédimentaires → adaptée ici en contexte d'altération hydrothermale pour calculer des bilans de masse (possible car éléments peu mobiles)

# Fralick et Kronberg, 1997

Ces deux diagrammes sont les plus importants. Expliqués séparément dans les prochaines diapos

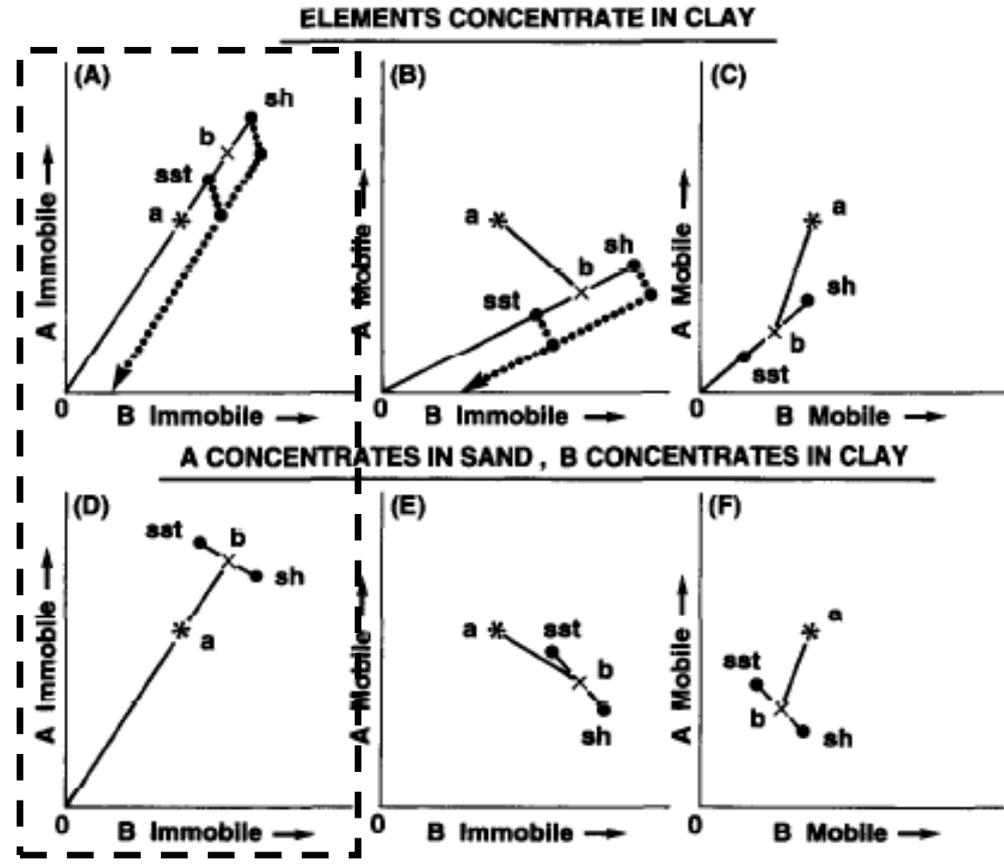
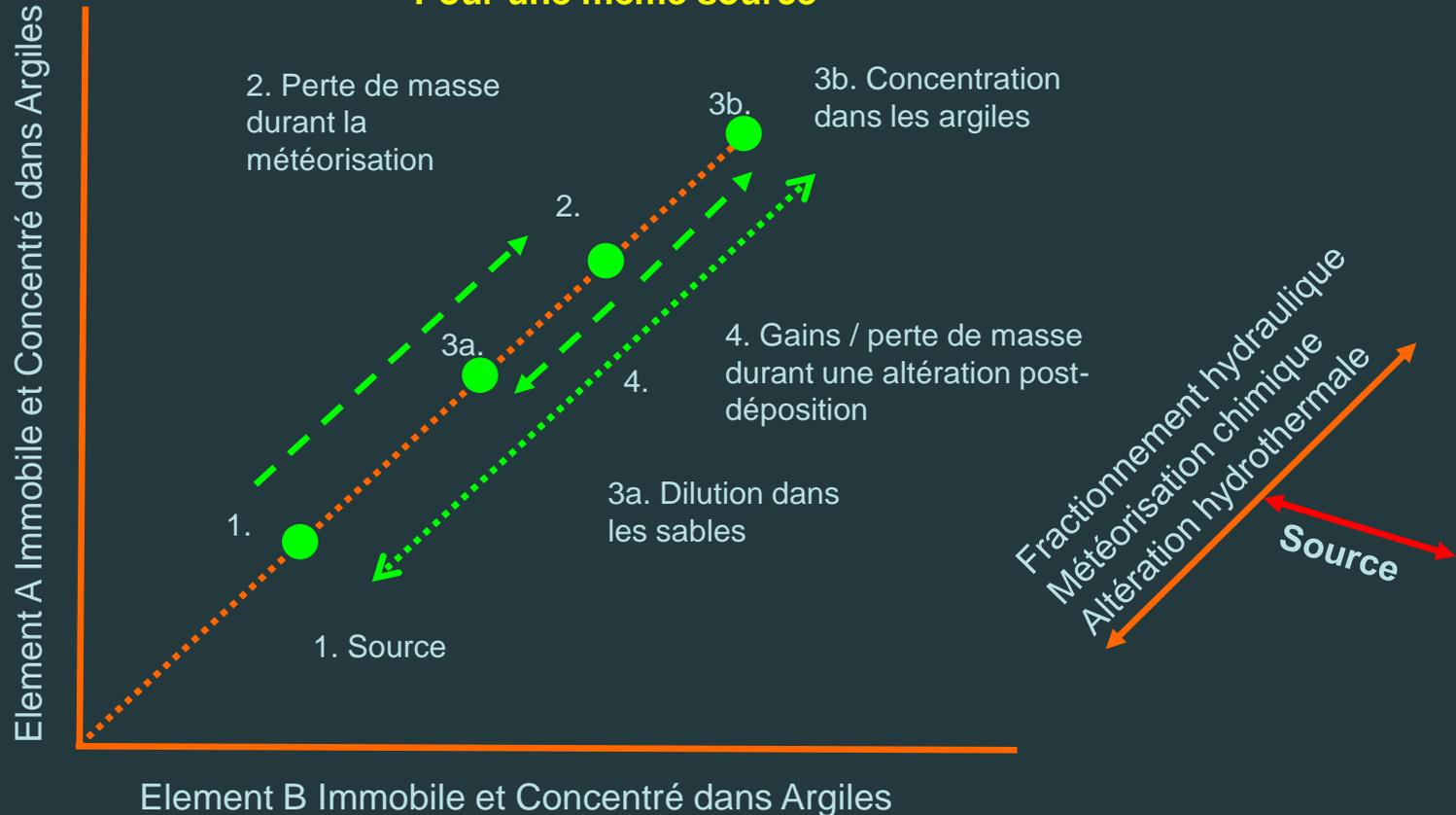


Fig. 1. Theoretical scattergrams for assessing element mobility. (A) For immobile-immobile pairs preferentially sited in the clay fraction the starting composition 'a' moves to 'b' during weathering as total sediment mass diminishes. Composition 'b' splits into 'sh' (clay) and 'sst' (sand) due to hydraulic fractionation and forms a line extending to the origin. If the elements remain immobile during postdepositional alteration processes the coordinates 'sh' and 'sst' will move along the 'a-b' vector but will not move off it. If the elements were mobile during a phase of alteration, they will move off the 'a-b' vector (one possible path shown by dotted lines in A and B). Plotting of immobile pairs from a number of samples will result in a linear array of points along a line extending through the origin. If the immobile elements both concentrate in the sand fraction, (A) will apply but the 'sst' and 'sh' coordinates will be reversed. Scenarios involving other combinations are shown in (B)-(F). Plotting of multiple samples for any of these scenarios results in a scatter of points.

# Deux éléments concentrés dans argiles ou sables (Fralich et Kronberg, 1997)

Deux éléments immobiles concentrés préférentiellement dans les argiles  
**Pour une même source**

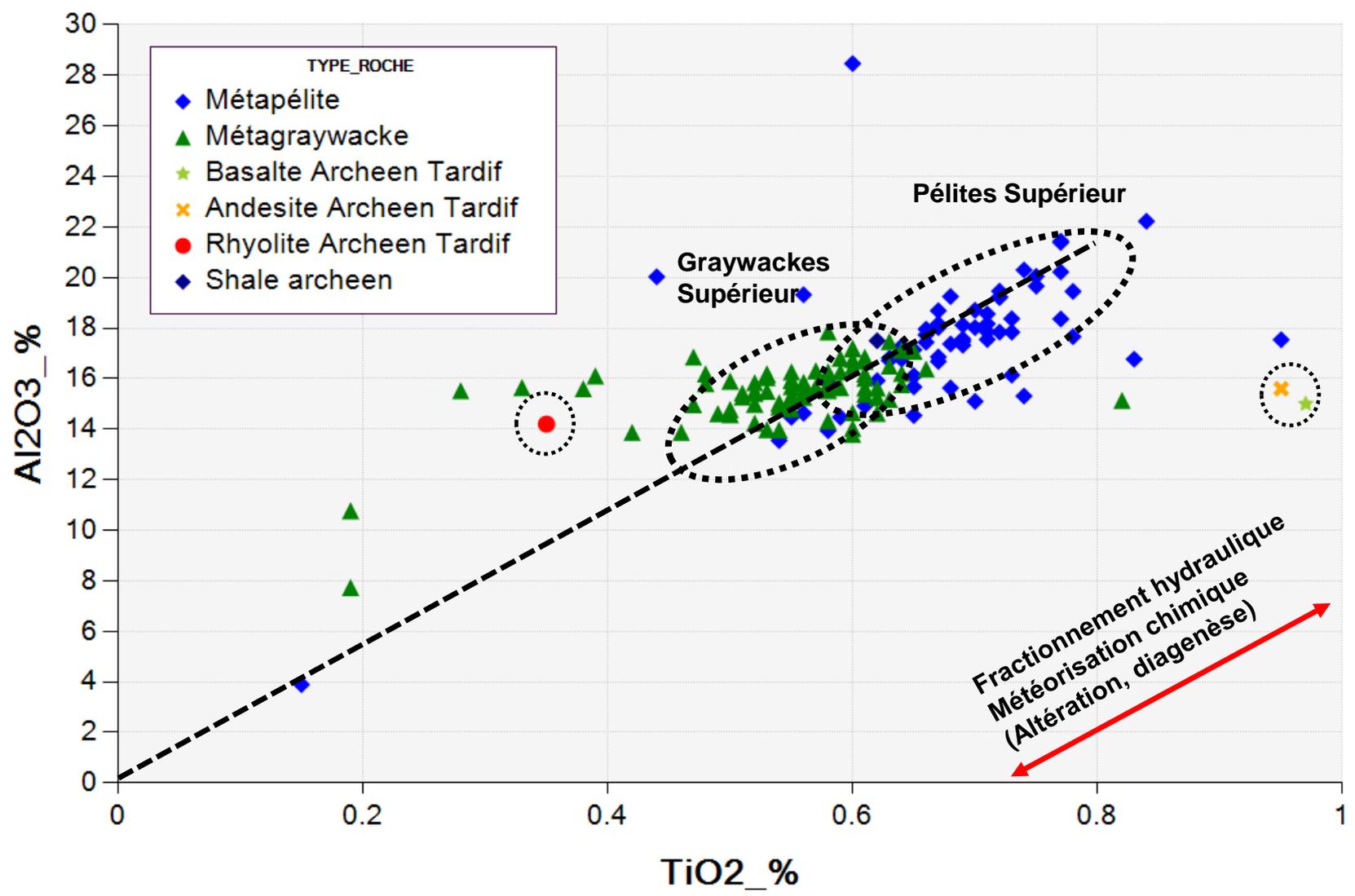


Déplacements dus aux 3 processus se font le long de l'origine → fractionnement hydraulique, météorisation chimique, altération hydrothermale

Pour deux éléments concentrés dans les sables, les étiquettes 3a et 3b s'inversent

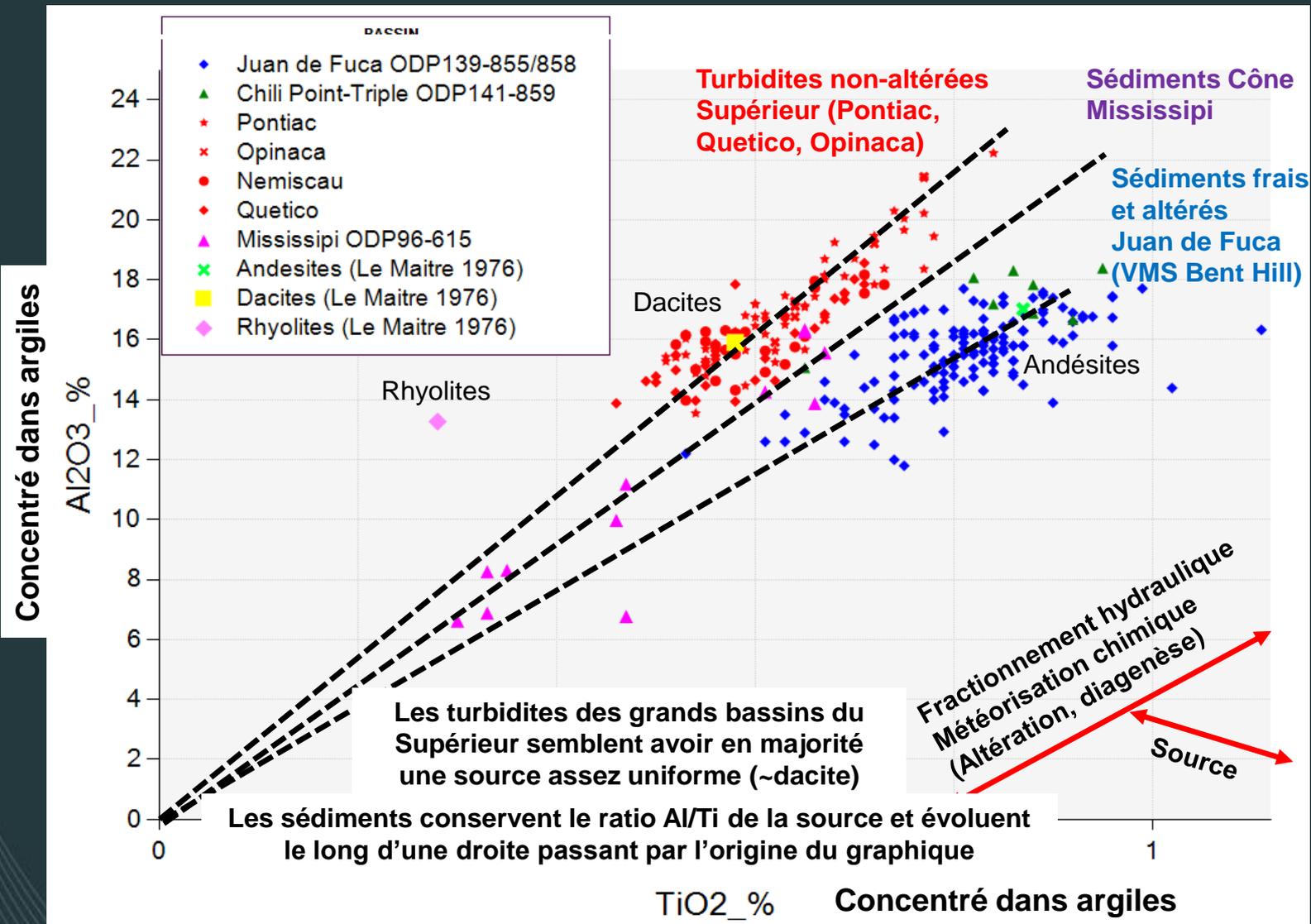
# Deux éléments immobiles concentrés dans argiles Turbidites Grands Bassins Supérieur

Concentré dans argiles



Concentré dans argiles

# Deux éléments immobiles concentrés dans argiles Différents bassins



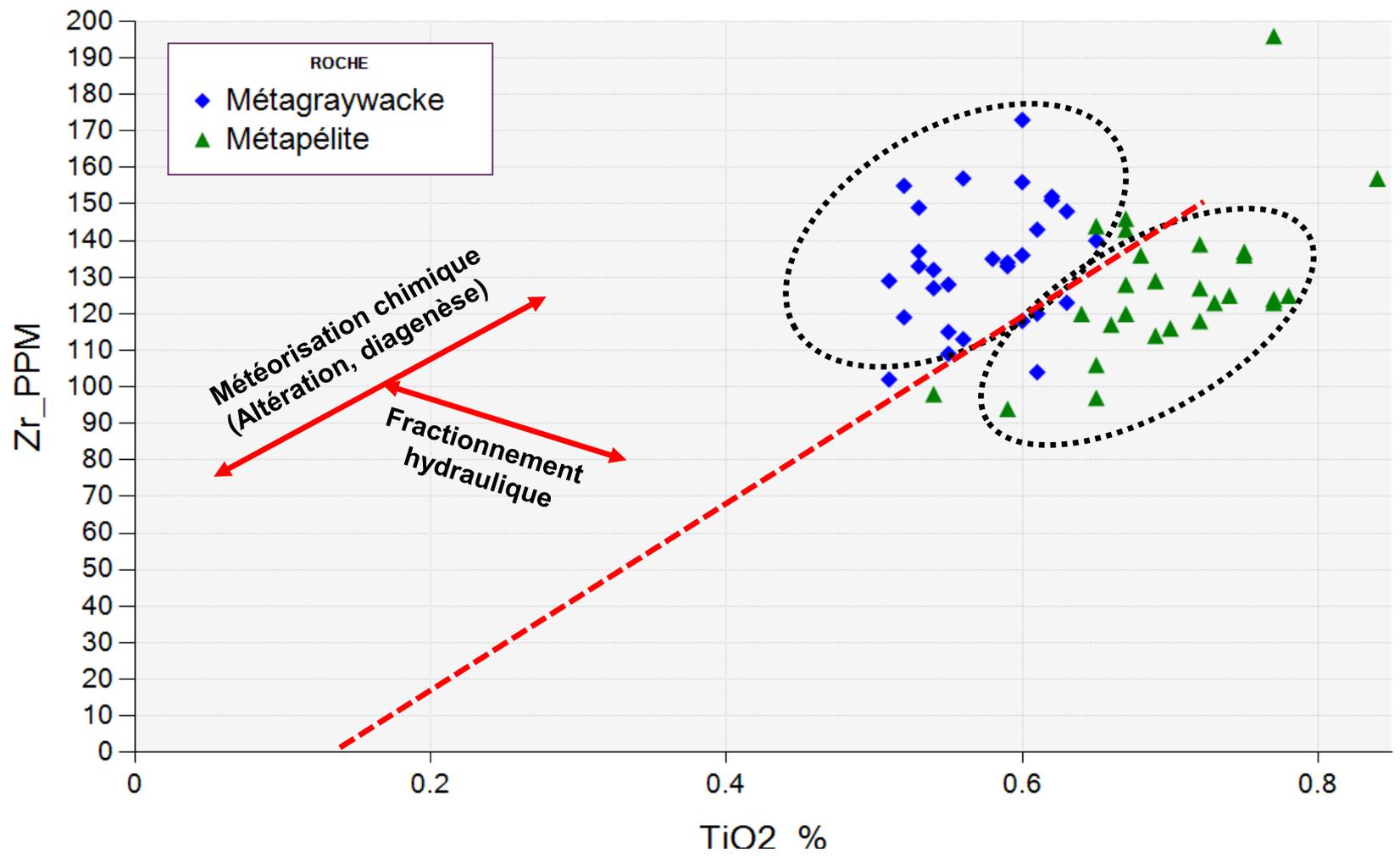


# Deux éléments immobiles

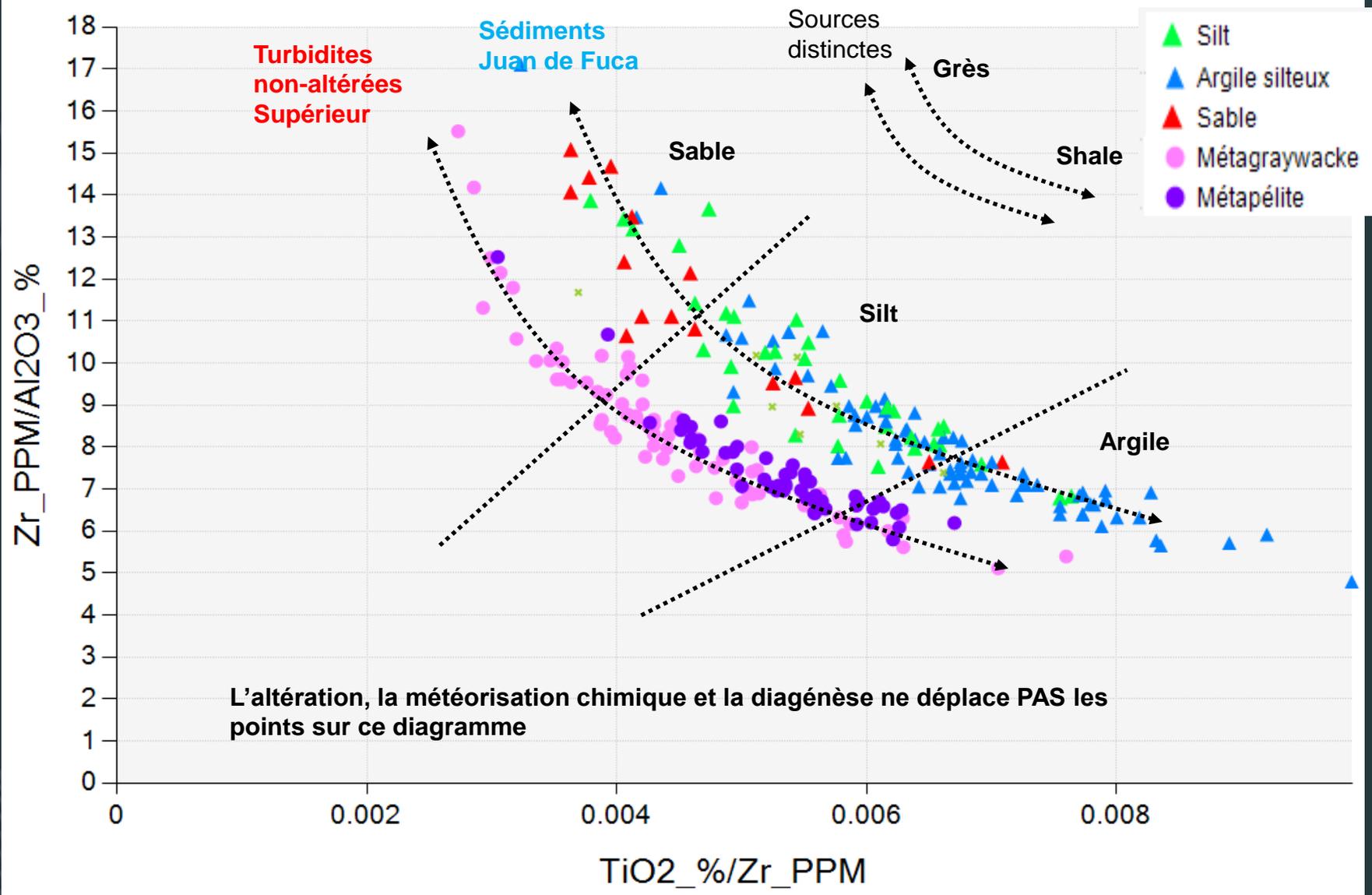
## Un concentré dans les grès, autre dans argiles

### Bassin Pontiac

Concentré dans grès

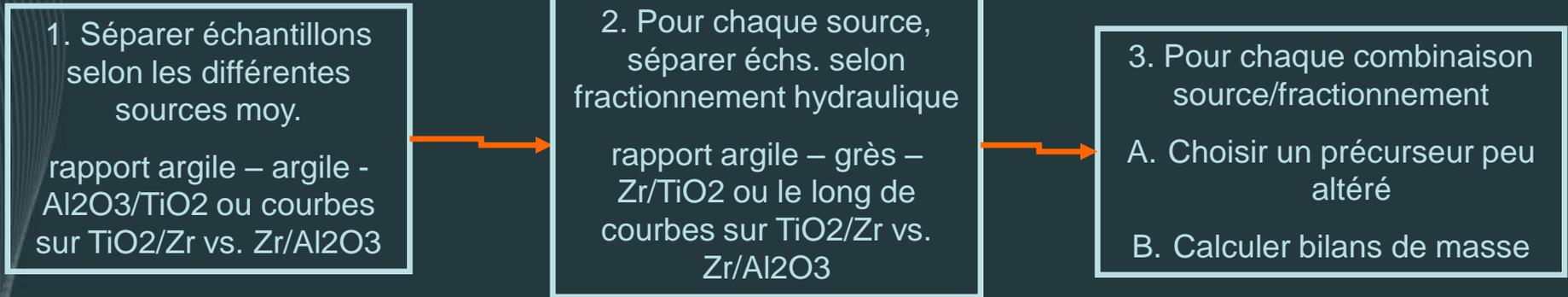


# Diagramme synthèse; TiO<sub>2</sub>/Zr vs. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Zr

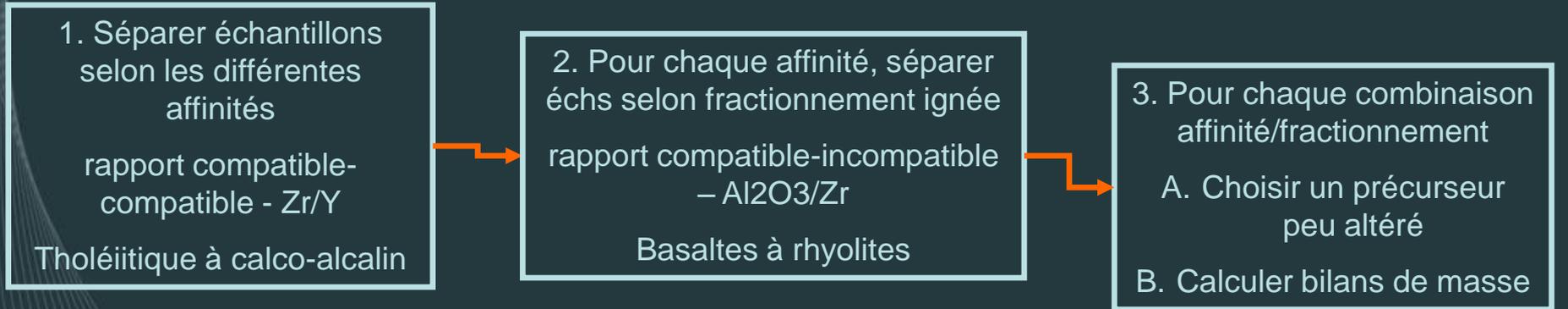


# Approche pour bilans de masse dans roches sédimentaires

## Roches sédimentaires (Consorem), inspiré de Fralick et Kronberg



## Analogie avec roches volcaniques (inspiré de Barrett et MacLean)



**Dans les deux cas, l'utilisation d'éléments immobiles permet d'utiliser ces techniques de séparation d'échantillons en contexte altéré**

## Calcul des bilans de masse

- Le changement de masse absolu, en grammes, pour un élément, avec TiO<sub>2</sub> comme élément immobile :

$$\Delta MAn = (C_{TiO_2, \text{frais}} / C_{TiO_2, \text{altéré}}) * C_{n, \text{altéré}} - C_{n, \text{frais}} \text{ (pour 100g de précurseur)}$$

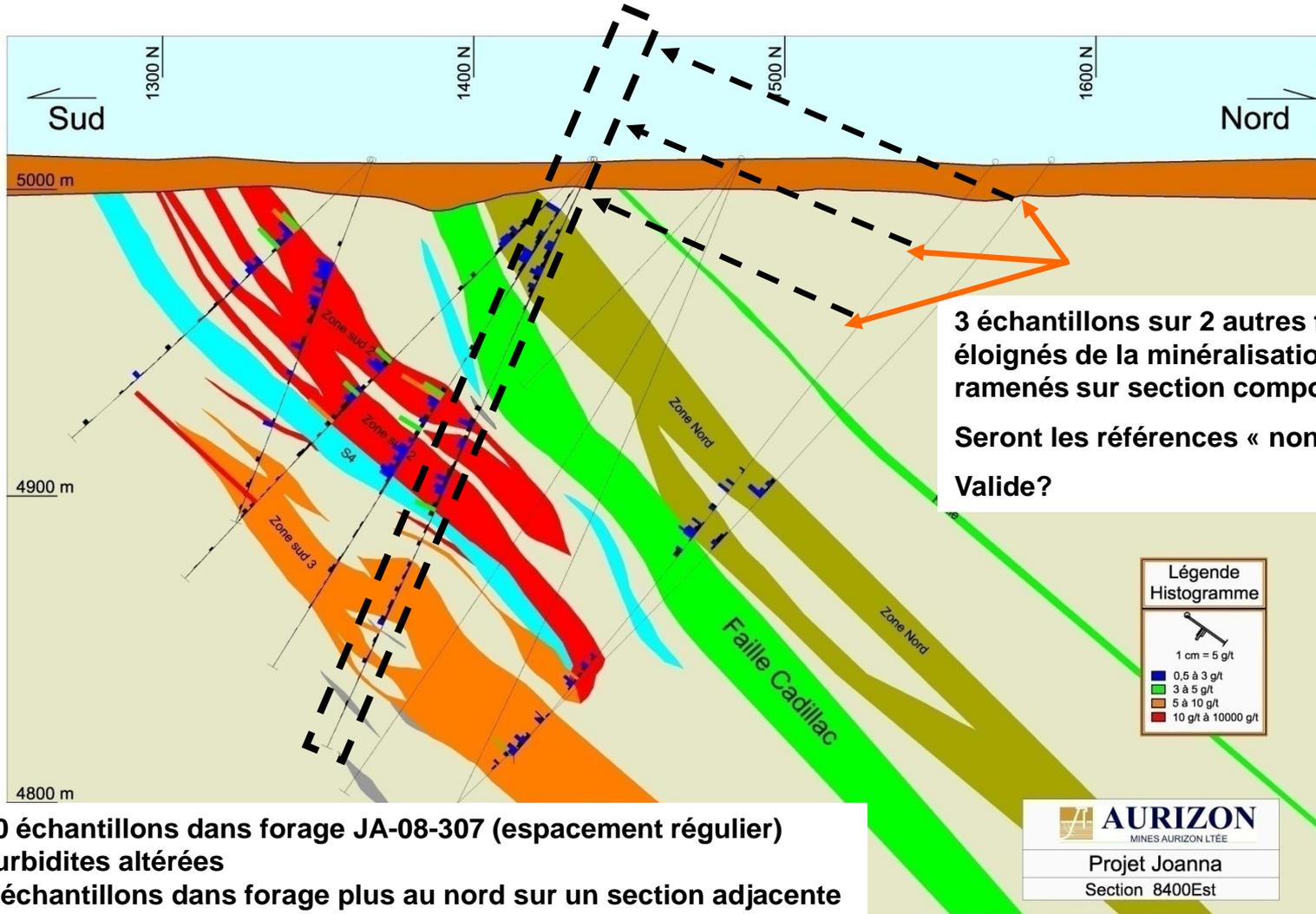
- Le changement de masse relatif (%) pour un élément n, avec TiO<sub>2</sub> comme élément immobile :

$$\Delta MRn = ((C_{n, \text{altéré}} / C_{TiO_2, \text{altéré}}) / (C_{n, \text{frais}} / C_{TiO_2, \text{frais}}) - 1) * 100$$

- $C_{TiO_2, \text{altéré}}$  et  $C_{n, \text{altéré}}$  proviennent directement de l'analyse d'une roche altérée.
- $C_{TiO_2, \text{frais}}$  et  $C_{n, \text{frais}}$  viennent du précurseur peu altéré choisi

\*Basé sur équations de Gresens, 1967; Leitch et Lentz, 1994

# Joanna (Hosco) – Mines Aurizon

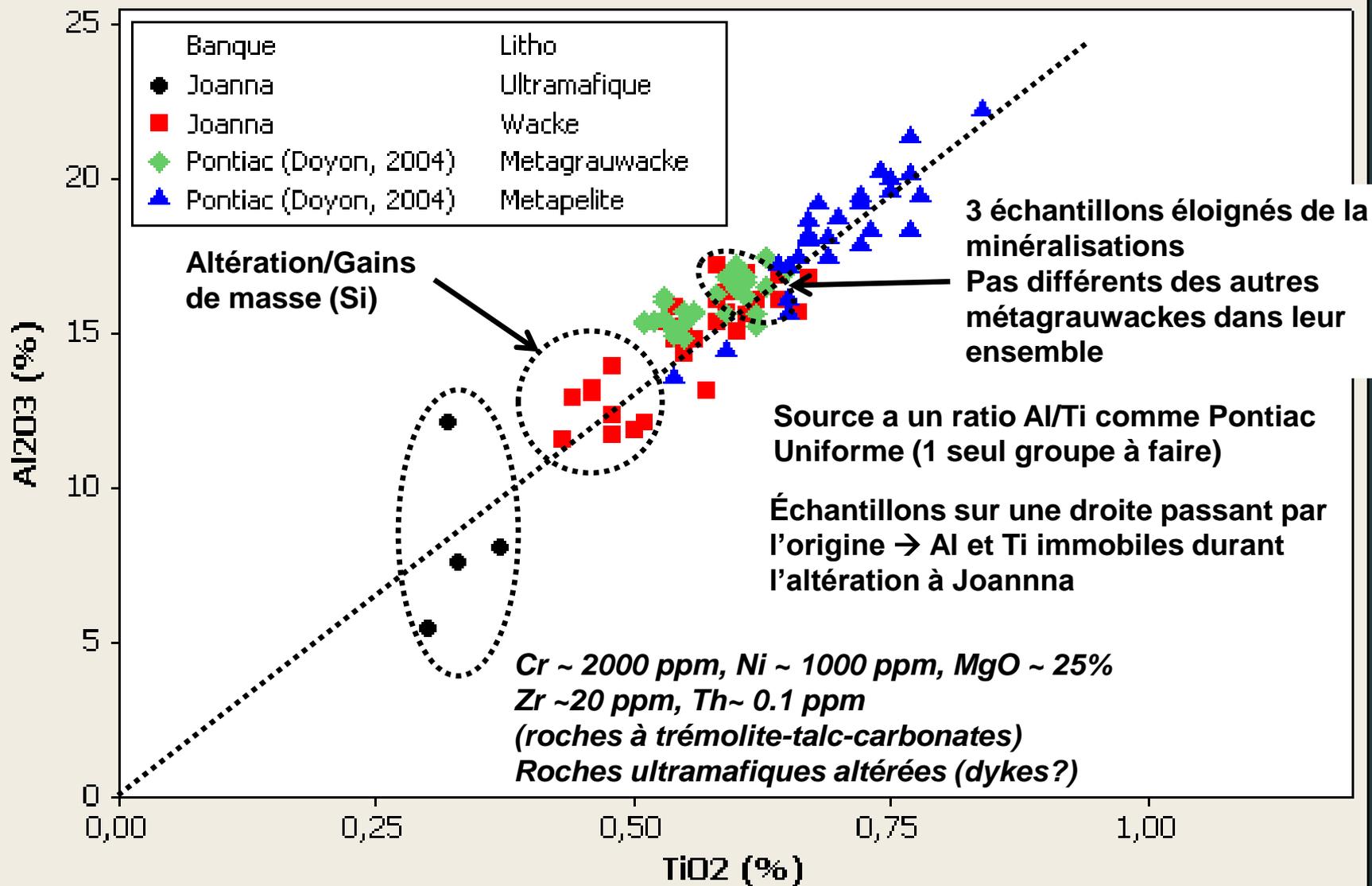


3 échantillons sur 2 autres forages, éloignés de la minéralisation. Seront ramenés sur section composite  
Seront les références « non-altérées »  
Valide?

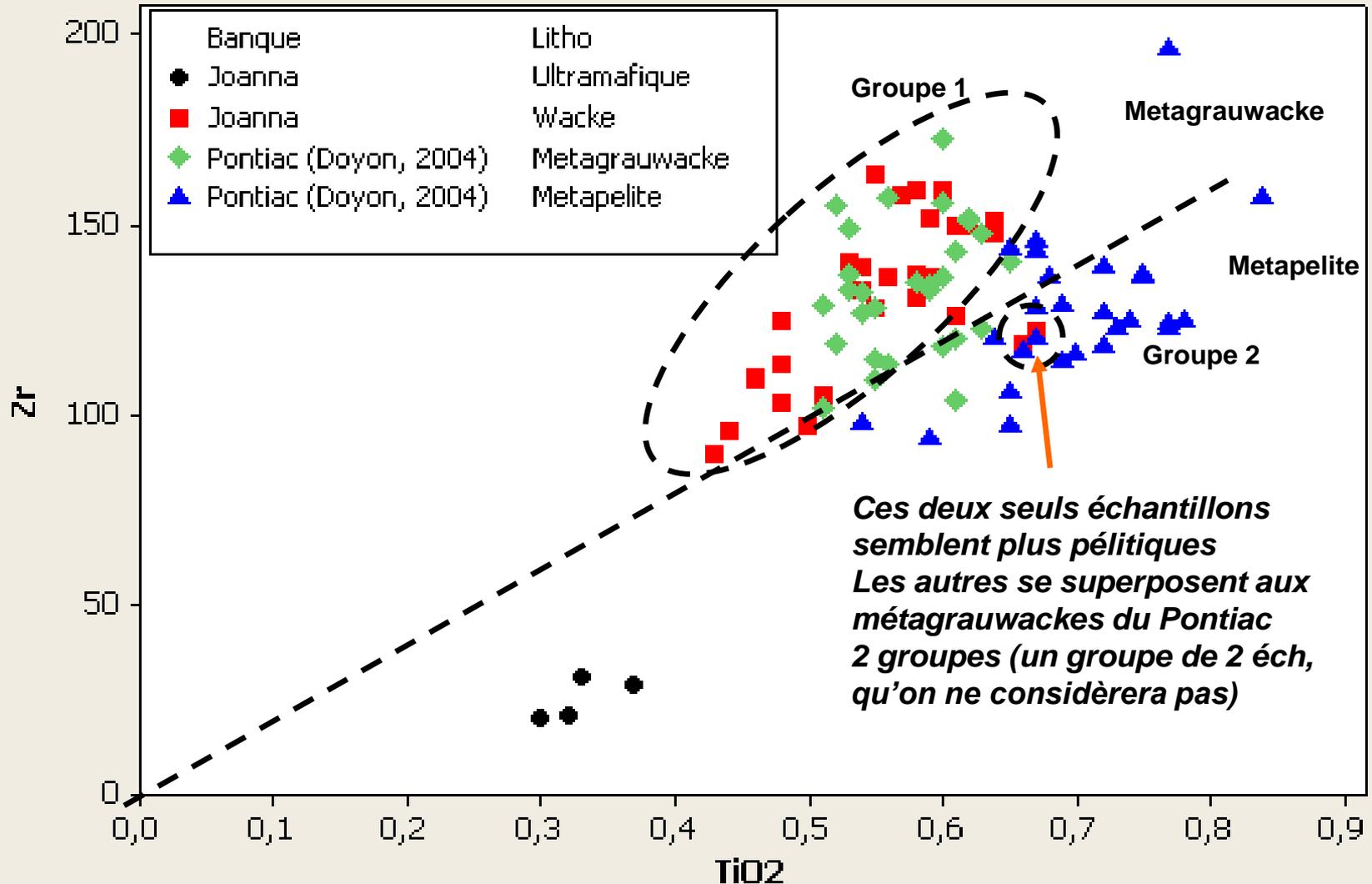
30 échantillons dans forage JA-08-307 (espacement régulier)  
Turbidites altérées  
3 échantillons dans forage plus au nord sur un section adjacente pour être plus loin de la minéralisation  
Analyses multi-éléments assez complètes

Section et analyses fournies par Aurizon

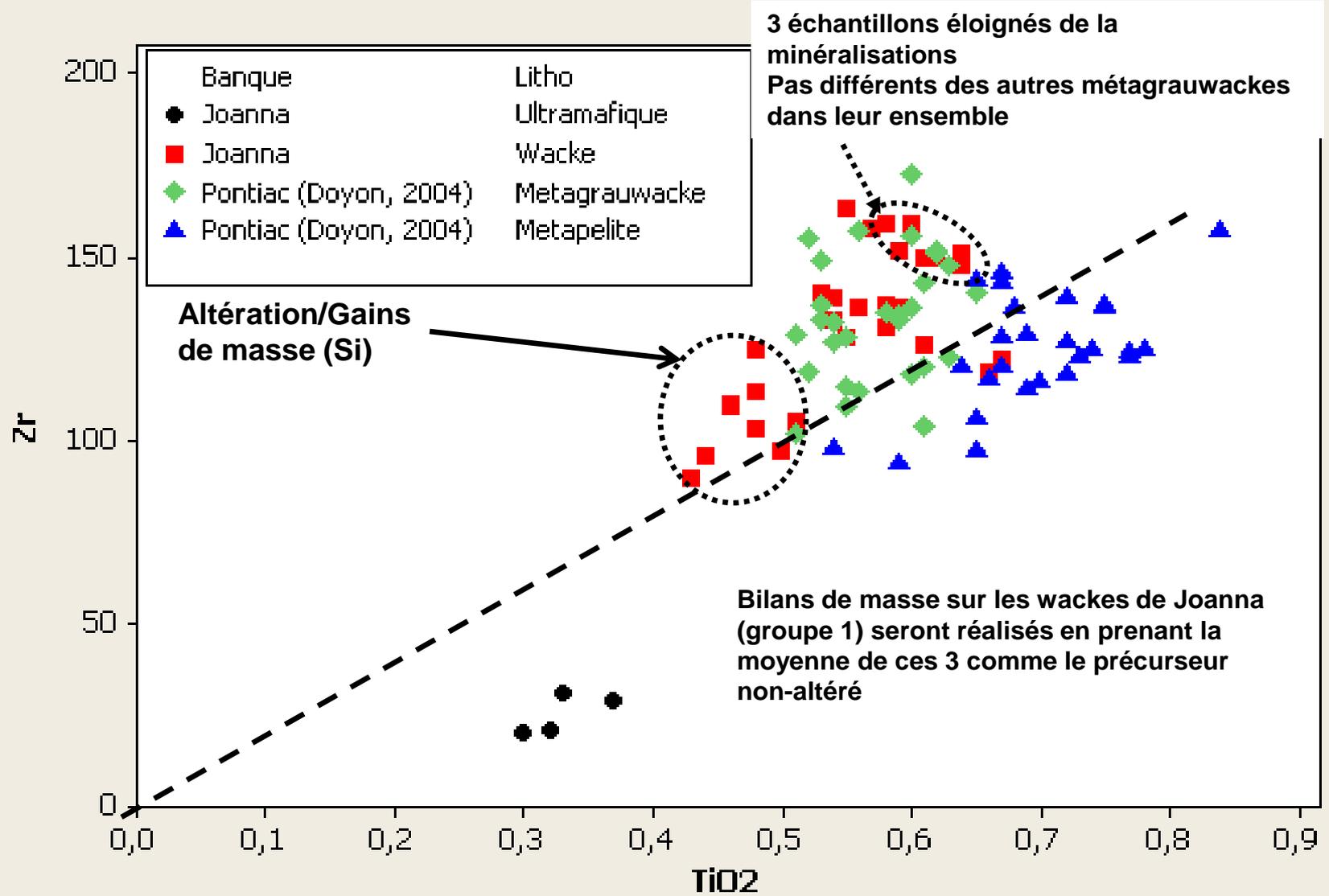
# Joanna et Pontiac Régional



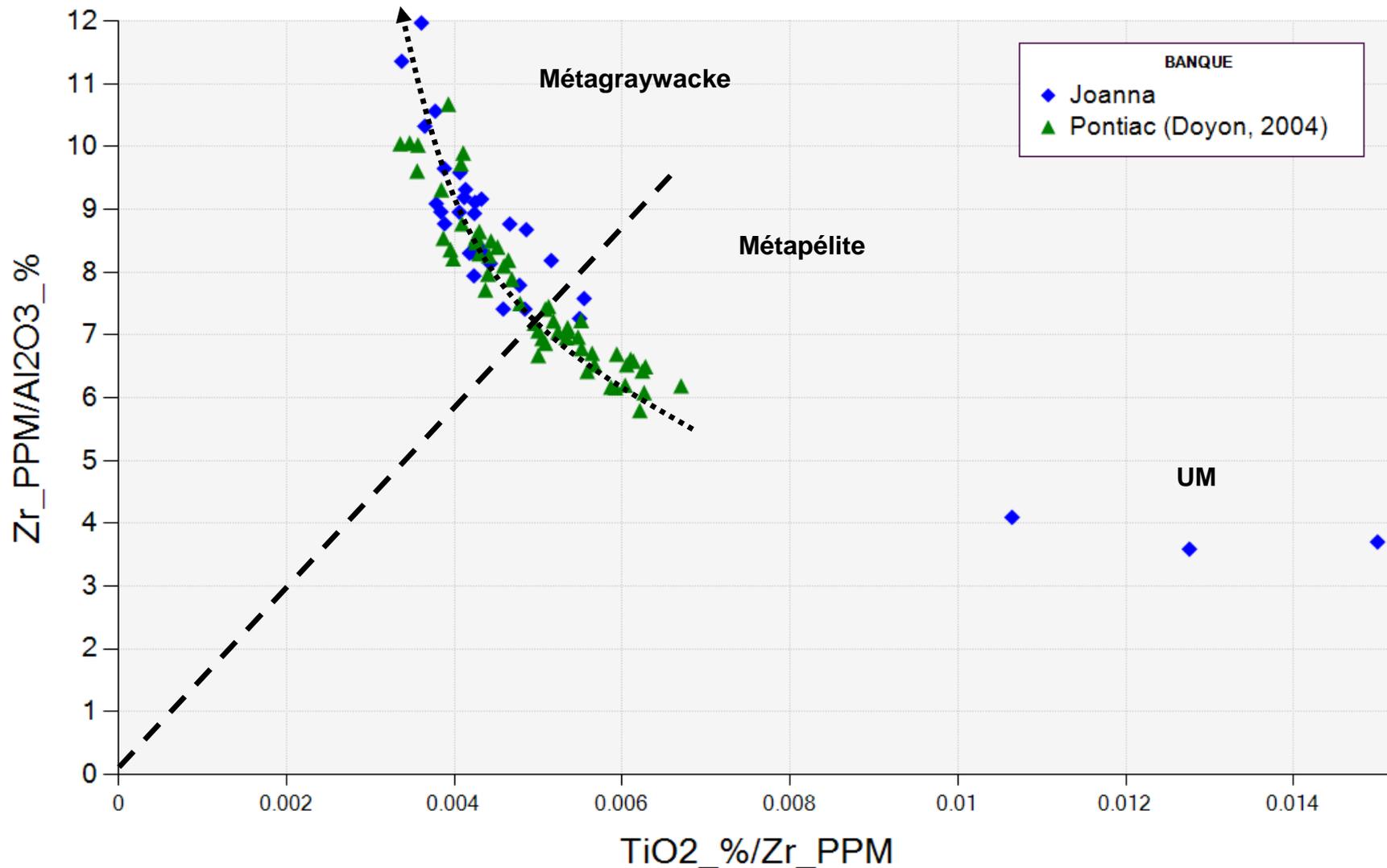
# Joanna et Pontiac Régional



# Joanna et Pontiac Régional

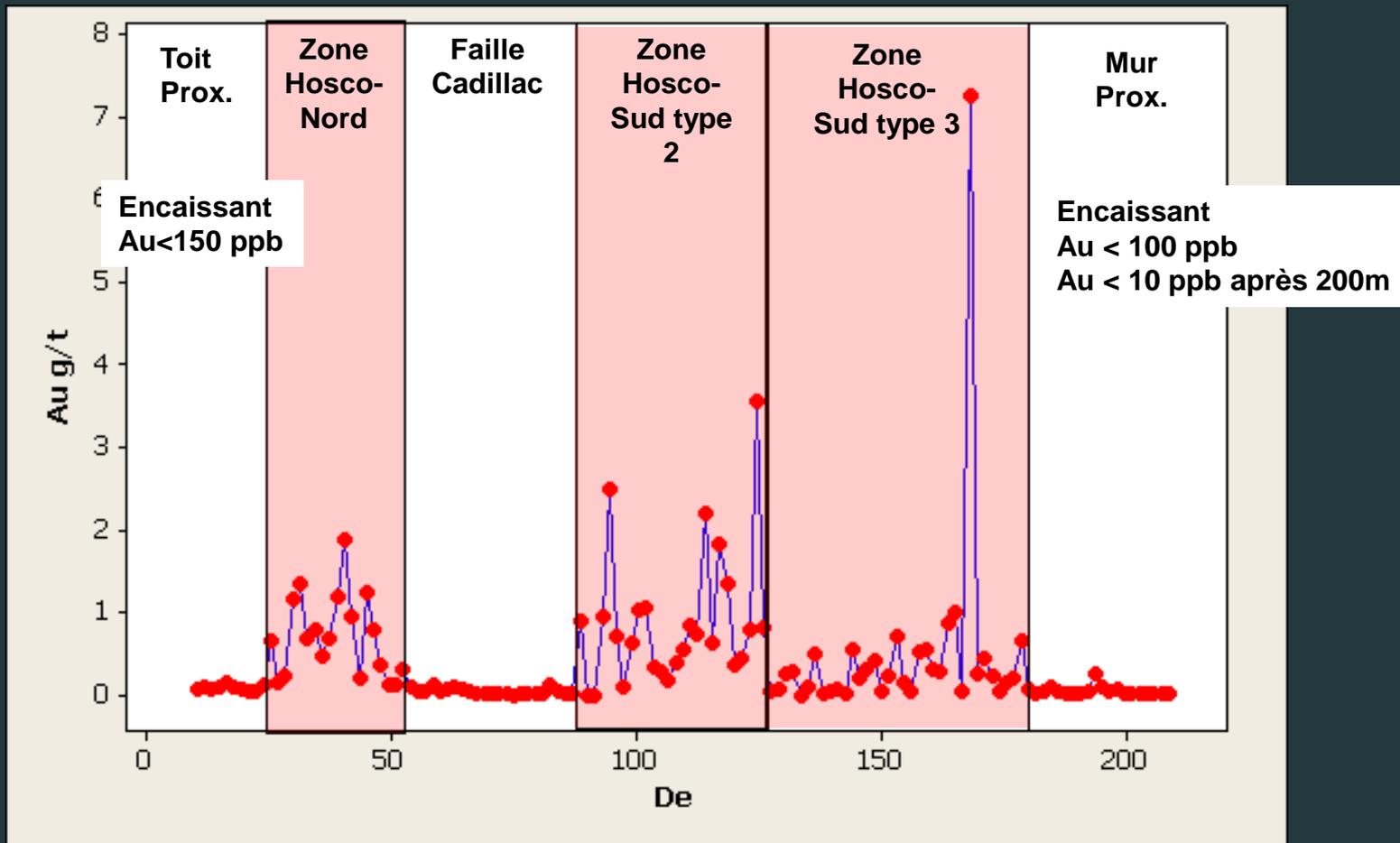


# Joanna et Pontiac Régional



## Teneurs en Au (g/t), forage JA-08-307 (échantillonnage Aurizon original)

Données Au (g/t) originales de Aurizon

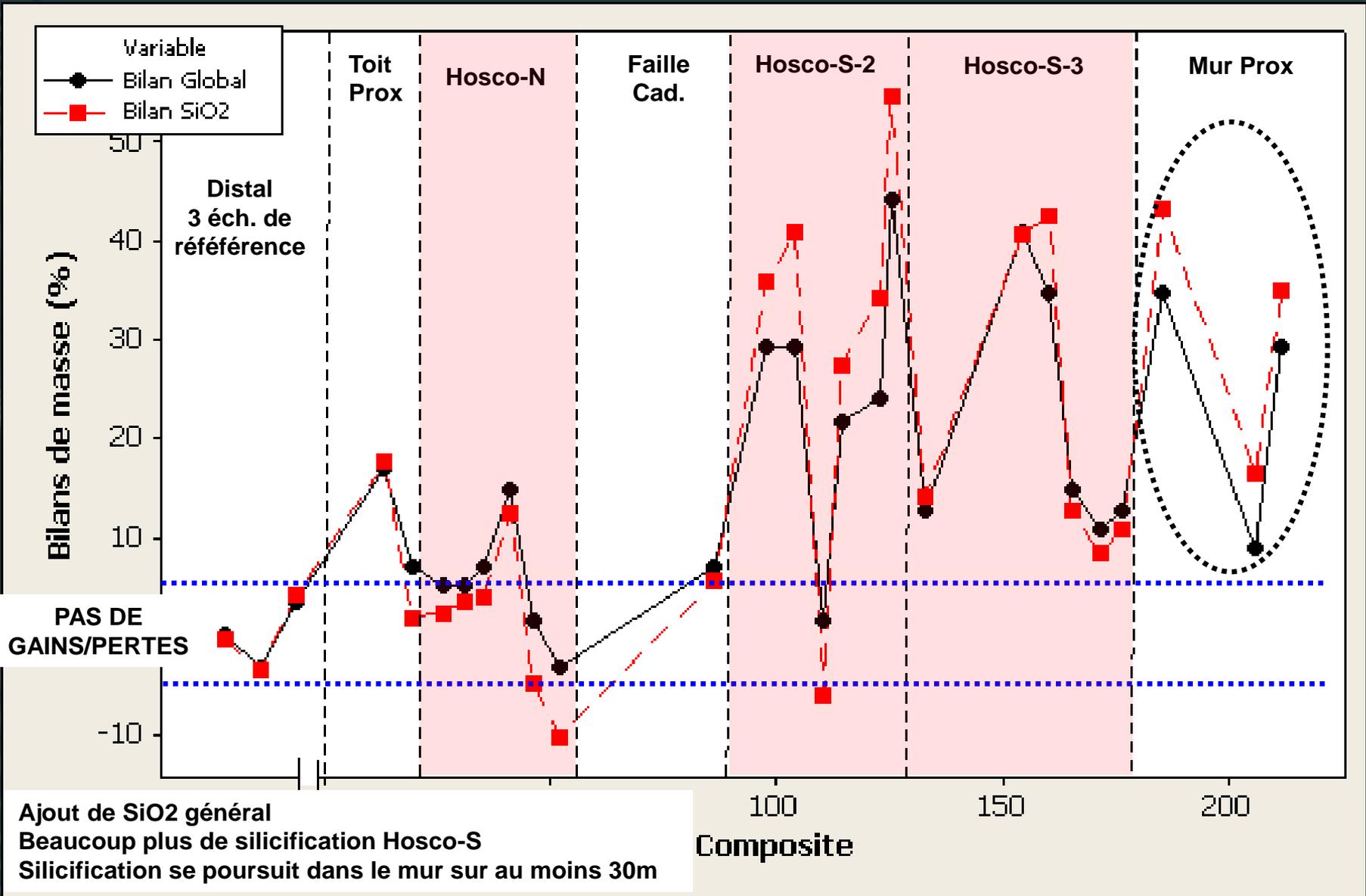


*Altération associée à la minéralisation?*

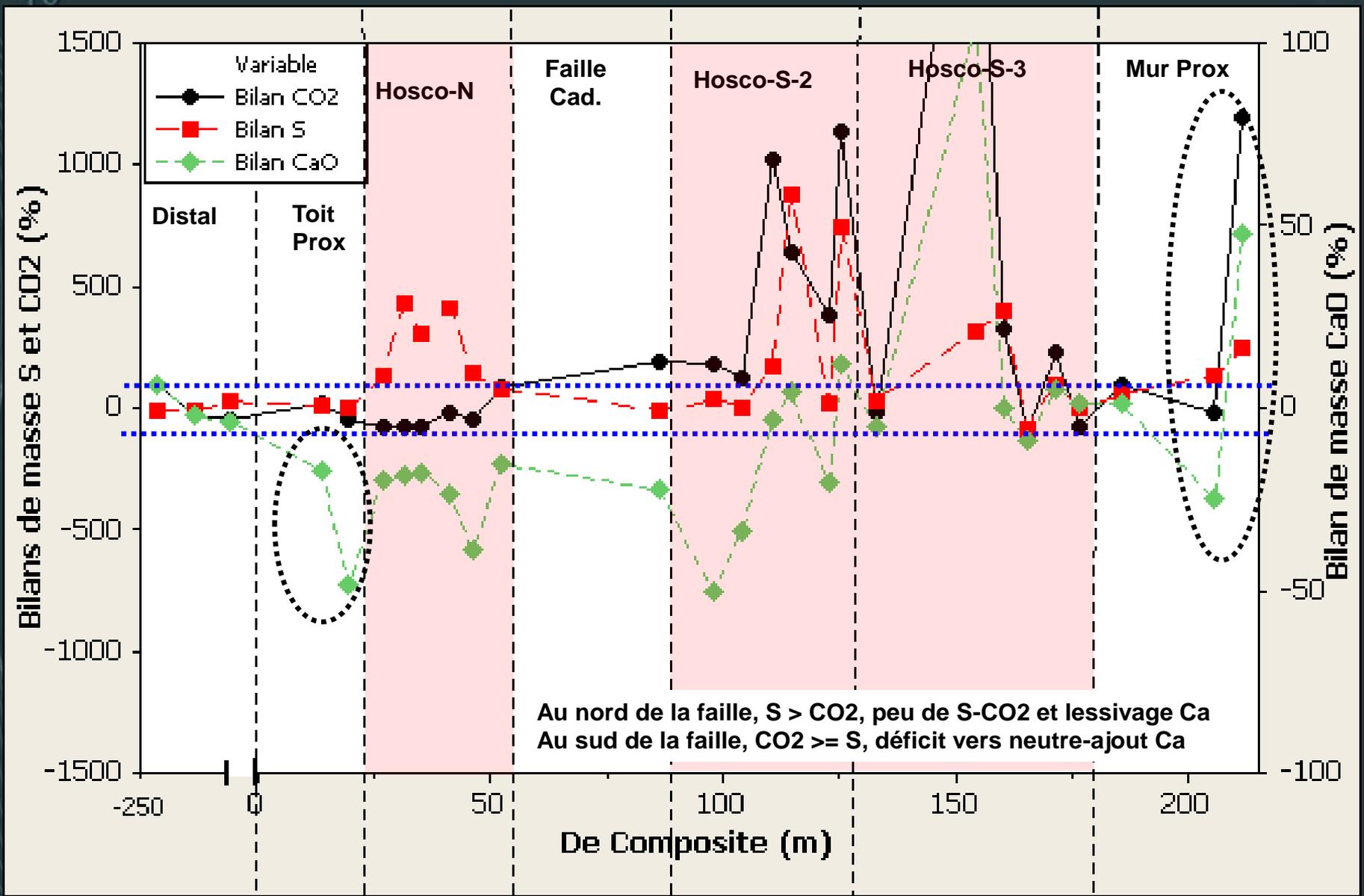
*Altération différente au nord de la « faille de Cadillac » vs. Au sud (Hosco-N vs. Hosco-S) ?*

*Altération dépasse la minéralisation et de combien?*

# Bilans de masse wackes (gr1) – SiO<sub>2</sub>-Global section composite

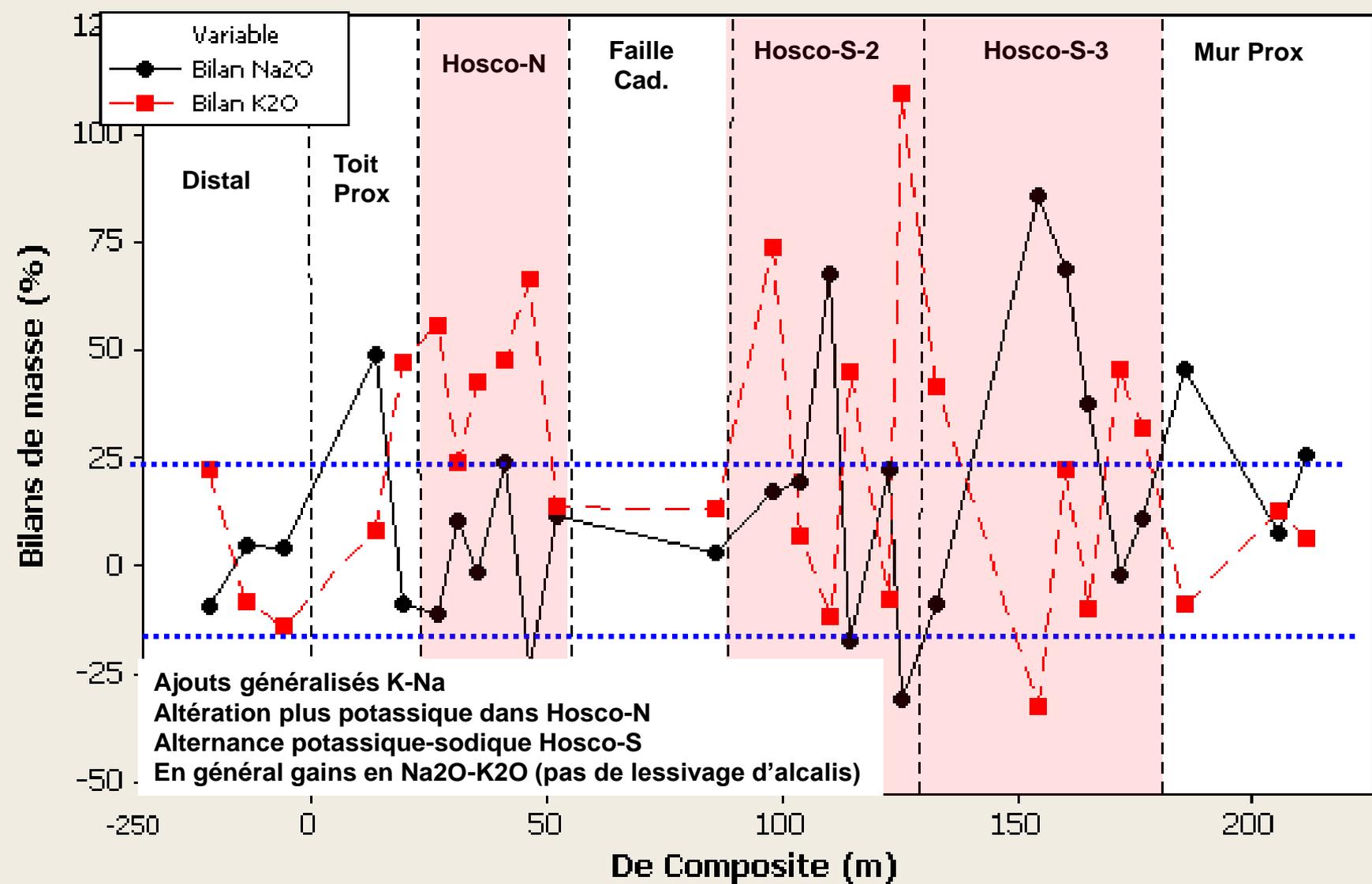


# Bilans de masse wackes (gr1) - CO2-S-CaO section composite

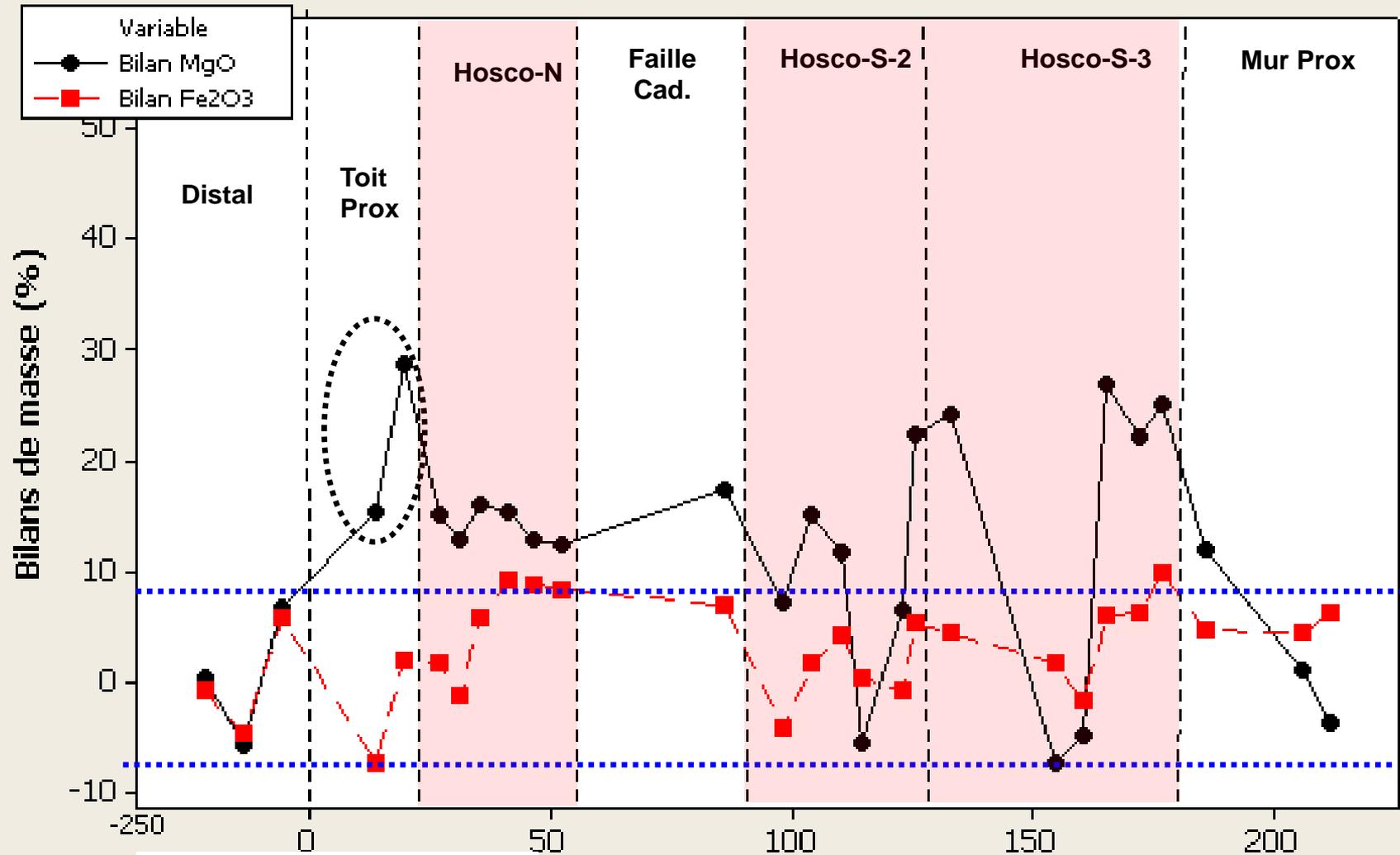


Note: quantités absolues de CO<sub>2</sub> et S faibles (CO<sub>2</sub> max = 3%, S max = 2%).

# Bilans de masse wackes (gr1) – Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O section composite



# Bilans de masse wackes (gr1) – MgO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> section composite



Gain général mais faible Mg  
 Pas d'ajouts Fe

## Joanna: conclusion du forage étudié

- Métasédiments de Joanna assez uniformes, comparables aux graywackes du Pontiac (majeurs)
- Altérations déborde dans encaissant non-minéralisé (0 ->30m?) – surtout à la fin du forage - taille du halo serait à préciser par étude complète
  - Silicification → altération la plus intense et plus continue dans encaissant non-minéralisé (mur en particulier).
  - Aussi ajouts plus sporadiques de Mg, Na, K, CO<sub>2</sub>, S dans encaissant non-minéralisé
- Sulfurisation et carbonatation relativement peu intenses (valeurs absolues de CO<sub>2</sub> < 3% et S < 2%)

## Joanna: conclusion du forage étudié

- Altérations différentes Hosco-N vs. Hosco-S:
  - Hosco-N: +Si, K, S, Mg; -Ca, faibles gains de masse
  - Hosco-S: ++Si, +Na/K, CO<sub>2</sub>, S, Mg, Ca, fort gains de masse
  - Toit-S: +Si, Mg, K/Na, -Ca
  - Mur-N: ++Si, +Na, S, CO<sub>2</sub>
  - Altération en général plus intense dans Hosco-S

## Conclusion

- Séparation des roches sédimentaires clastiques en différents groupes, selon leur source et leur degré de fractionnement hydraulique (grès vs. shale)
  - Limitations:
    - Seulement grès fin ou plus fin
    - Pas de composante sédimentaire chimique
- Applicable en contextes altérés/minéralisés
- Bilans de masse sur ces groupes en sachant qu'ils représentent des roches sédimentaires de composition initiale

# Remerciements

- Mines Aurizon
  - Martin Demers, Patrice Barbe, Elise Bourgault