



### INTRODUCTION

Les intrusions mafiques et ultramafiques sont des cibles d'exploration pour les gisements de cuivre, de nickel et des éléments du groupe du platine. Un très grand nombre de ce type d'intrusion se retrouve sur le territoire québécois, et ce dans toutes les provinces géologiques. Il y a donc un potentiel intéressant pour ce type de gisement au Québec.

Les intrusions hôtes de minéralisation en Cu-Ni-EGP magmatiques sont difficilement identifiables car elles sont de nature variable (Arndt et al., 2005) et exemptes de zones d'altération (Arndt et al., 2005; Barnes et Lightfoot, 2005). La chimie de ces intrusions est également peu discriminante. Cependant, des variations dans plusieurs rapports élémentaires reflètent la source des métaux, le degré de fusion partiel ainsi que le taux de saturation en éléments économiques nécessaires à la formation de dépôts de Ni-Cu-EGP (Barnes et Lightfoot, 2005). C'est à partir de ces divers ratios que le diagramme RA-EGP a été développé par le CONSOREM (Pearson, 2007). Cet outil permet d'identifier des environnements fertiles pour les minéralisations en EGP.

Le projet 2008-11 qui est présenté ici constitue une suite visant l'identification des contextes favorables pour le Cu-Ni. Cet objectif est réalisé de deux façons. La première est la modification du RA-EGP afin d'être en mesure d'évaluer le potentiel pour les gisements d'EGP et de Ni-Cu sur un même graphique. La seconde façon d'évaluer le potentiel en Ni-Cu est l'élaboration d'un graphique binaire qui se base sur le principe du partage du Ni entre les silicates et les sulfures. Les grandes lignes des deux méthodes sont décrites sur la présente photoprésentation.

### OUTIL 1 : RA-EGP-NI

Afin d'adapter le RA-EGP pour une évaluation du potentiel en Ni-Cu, un nouveau ratio a été établi selon deux considérations.

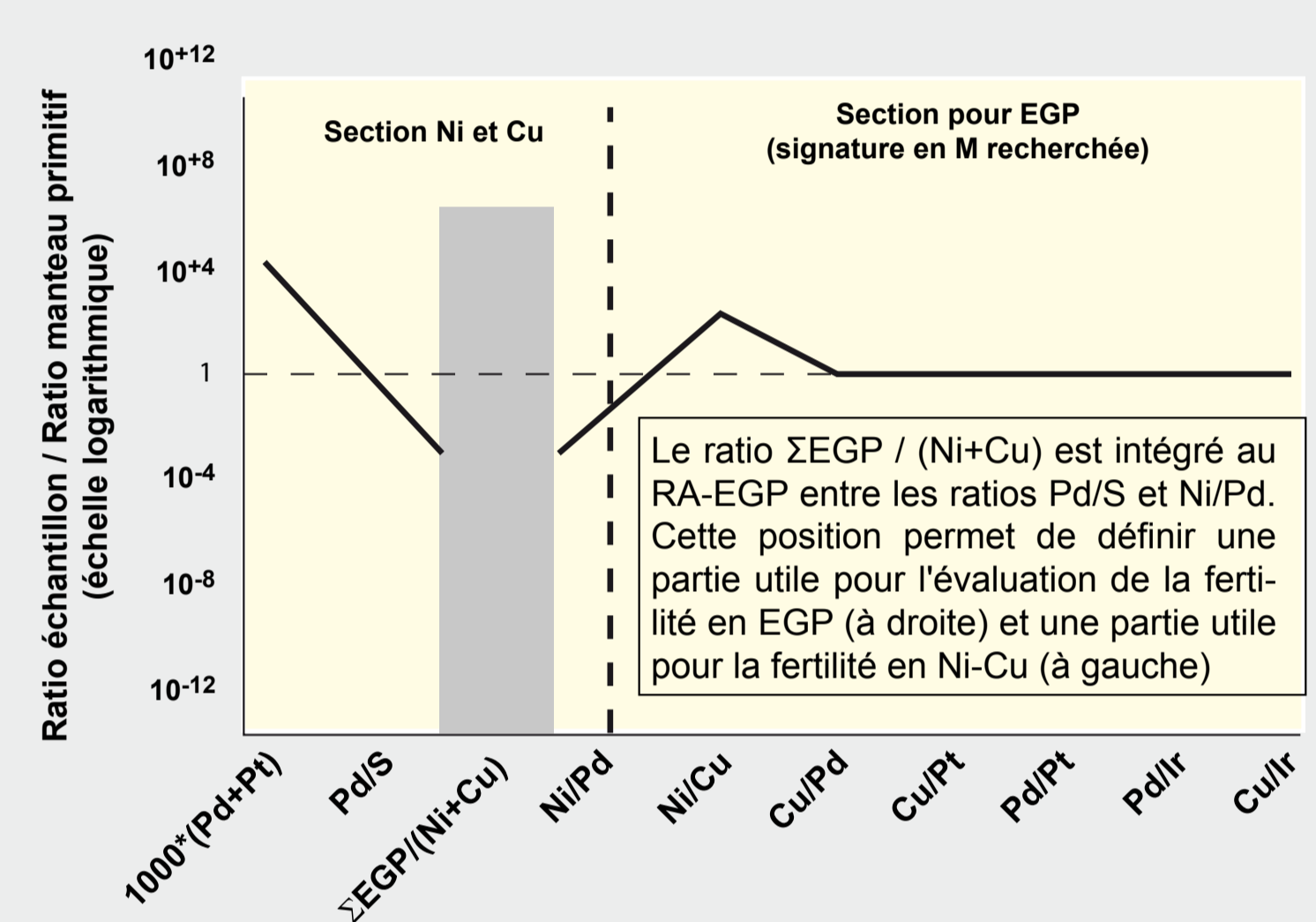
- 1) Les éléments du groupe du platine (EGP) ont un coefficient de partage entre les sulfures et les silicates plus élevé que le nickel et le cuivre (Barnes et Lightfoot, 2005).
- 2) Le liquide silicaté à partir duquel les sulfures ont ségrégué sera appauvri en EGP. Donc, une intrusion ayant un potentiel pour le nickel et cuivre contiendra, dans sa phase silicatée, beaucoup plus de nickel et de cuivre que d'EGP (Barnes et Lightfoot, 2005).

À partir de ces deux considérations, on peut suggérer que le ratio  $\Sigma EGP / (Ni+Cu)$  donne une indication sur la fertilité en Ni-Cu du magma. Afin de permettre une comparaison avec les ratios du RA-EGP, le ratio  $\Sigma EGP / (Ni+Cu)$  est défini plus précisément par la formule suivante :

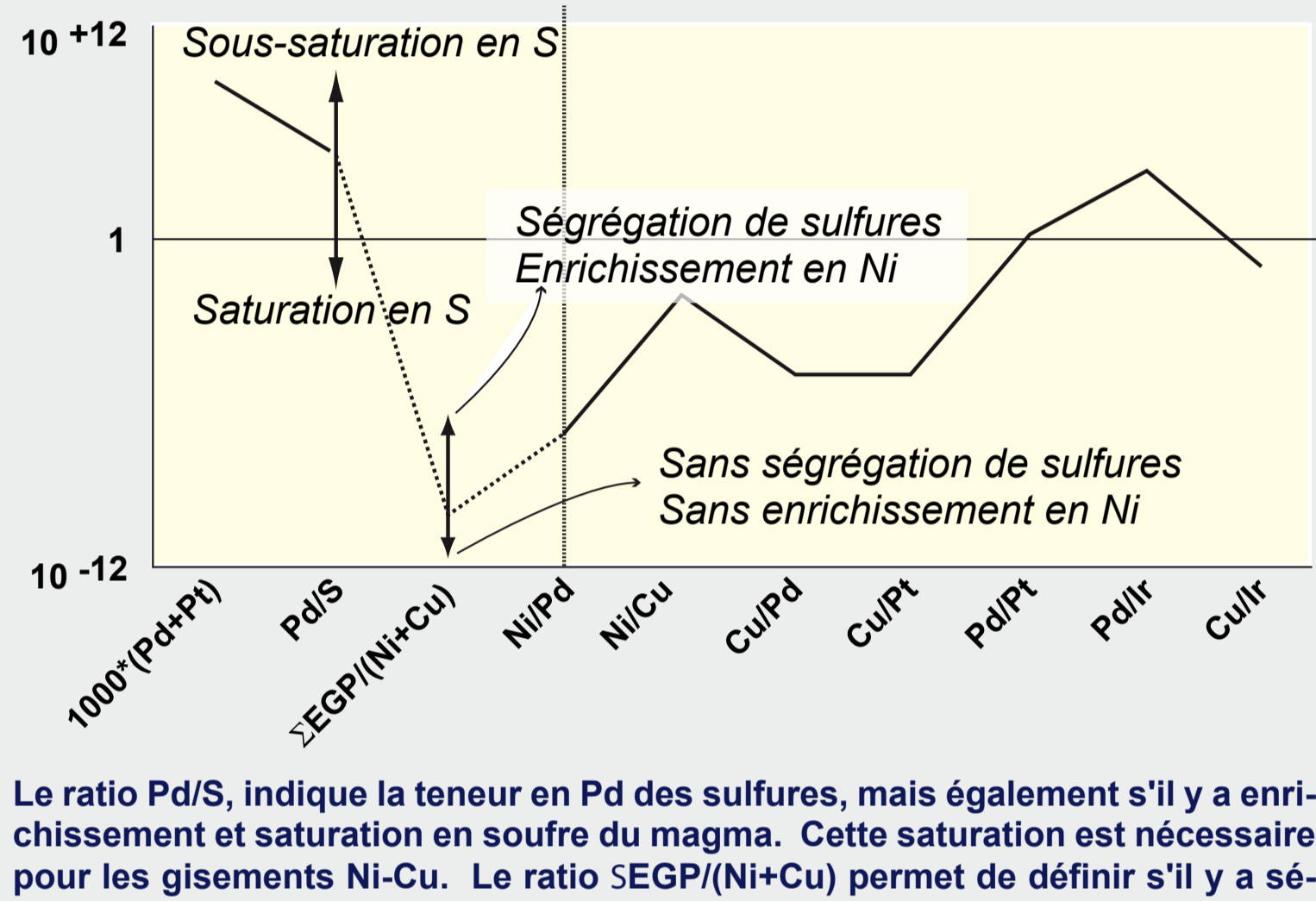
$$\Sigma EGP / (Ni+Cu) = (4,27 \times 10^{-8} \cdot ((Pd + Pt + Ir) / (Ni + Cu)) / ((Pd+Pt+Ir) / (Ni+Cu))_{MP})^2$$

où MP sont les valeurs du manteau primitif et où les valeurs en Pd, Pt et Ir sont en ppb et celle de Ni et Cu en ppm.

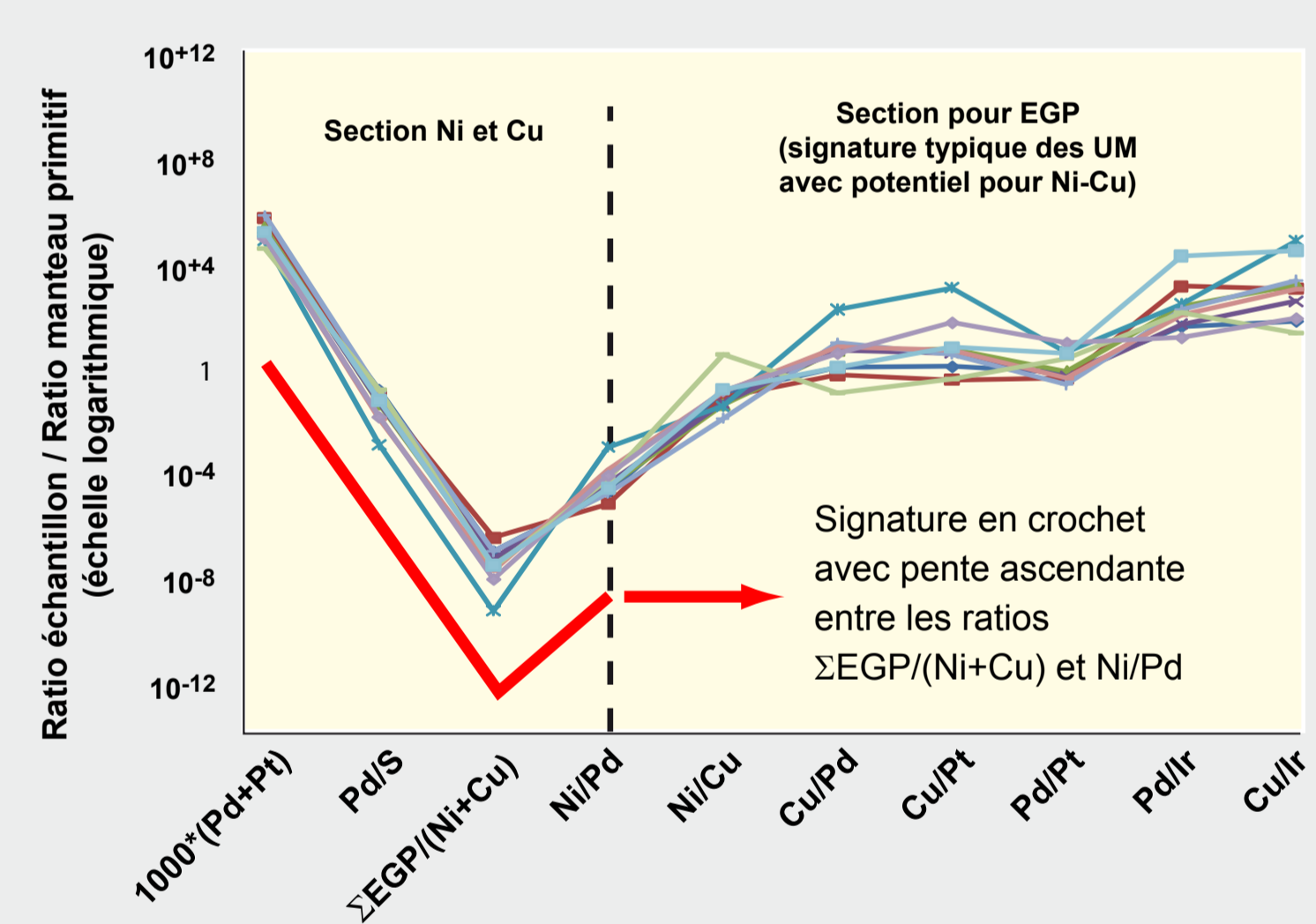
#### Intégration du ratio $\Sigma EGP / (Ni+Cu)$ au RA-EGP



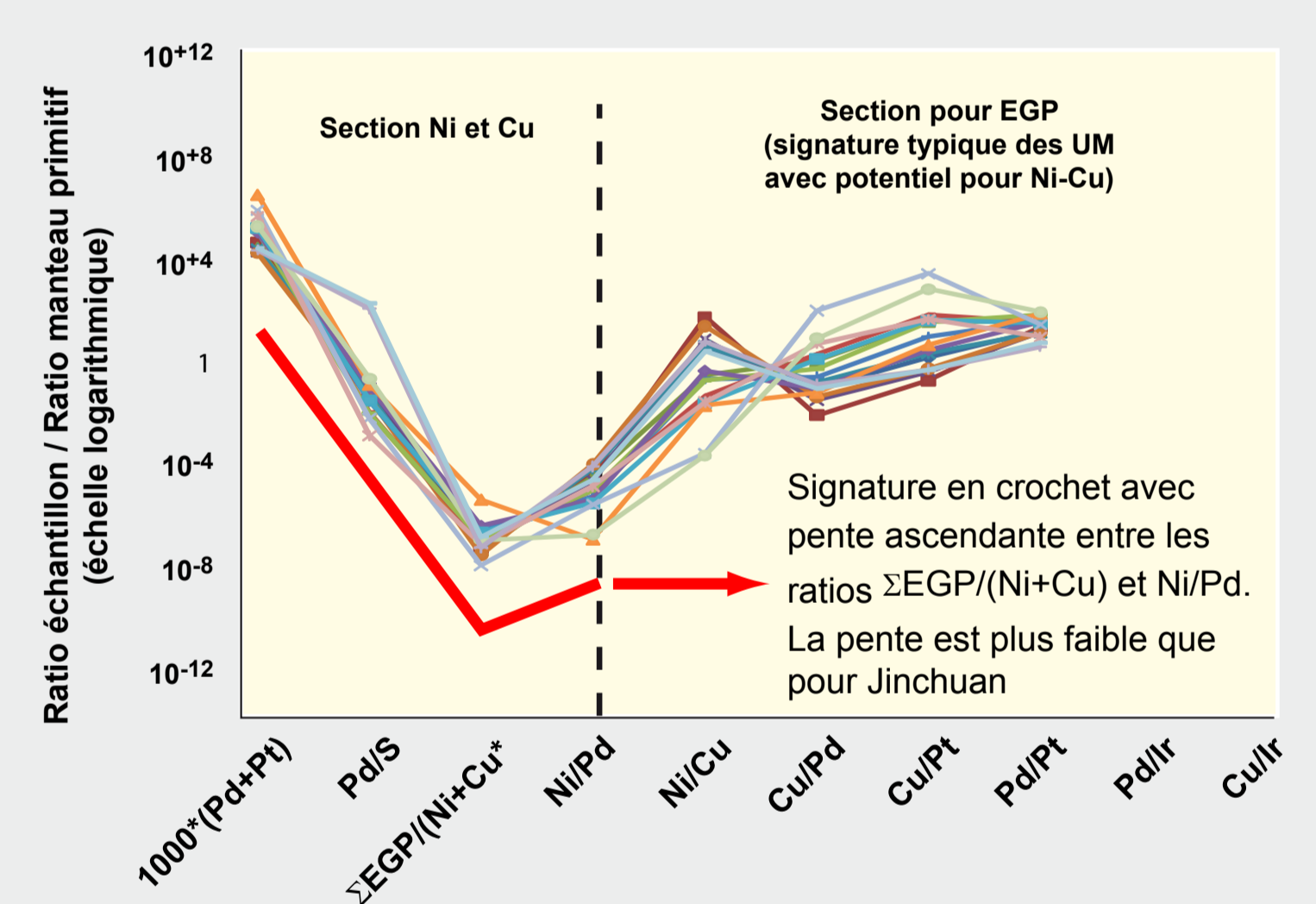
#### Déplacements théoriques de la courbe



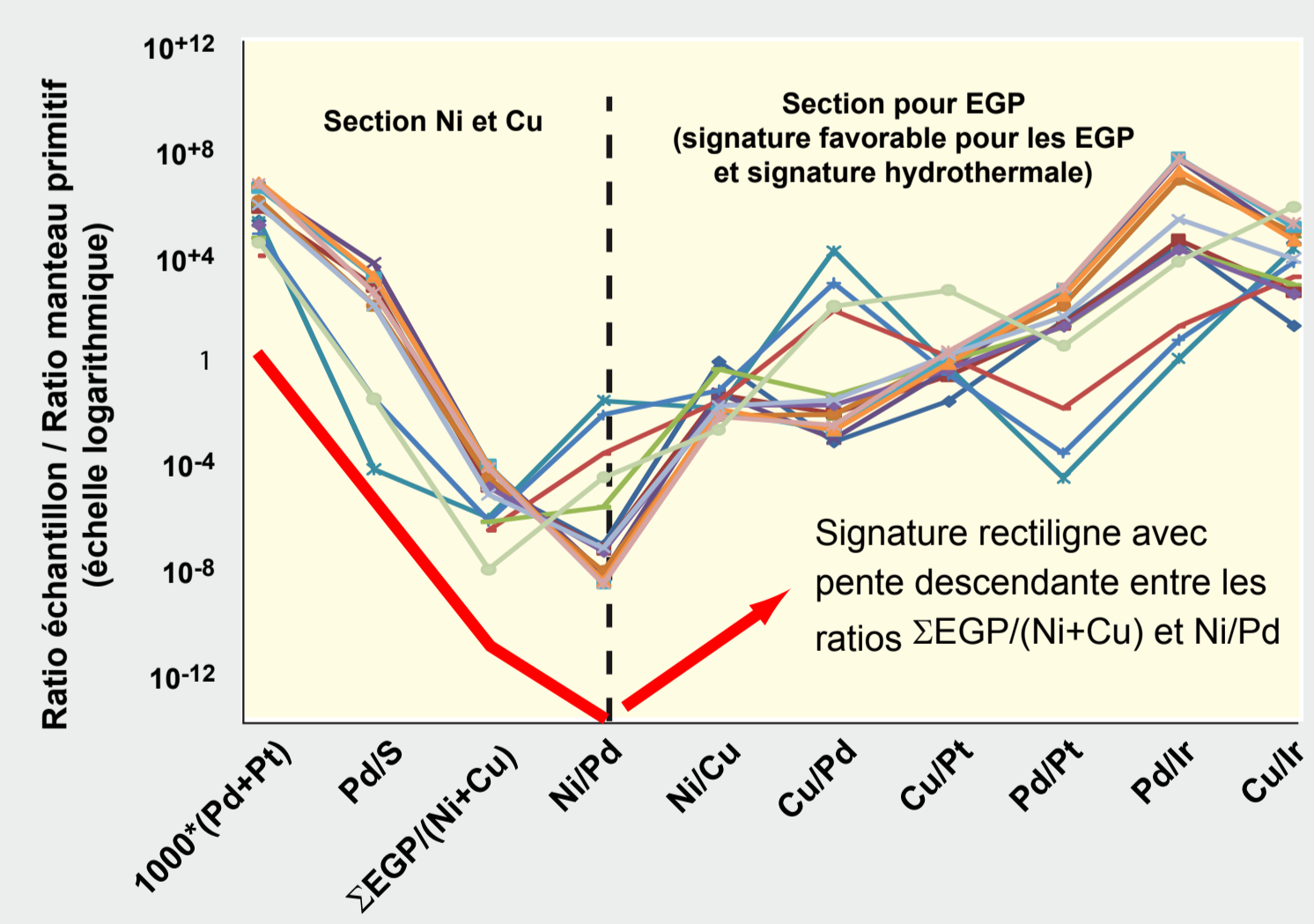
#### Exemple 1 - Jinchuan (515 Mt, 1,06% Ni, jusqu'à 1 ppm EGP; Eckstrand, 1996)



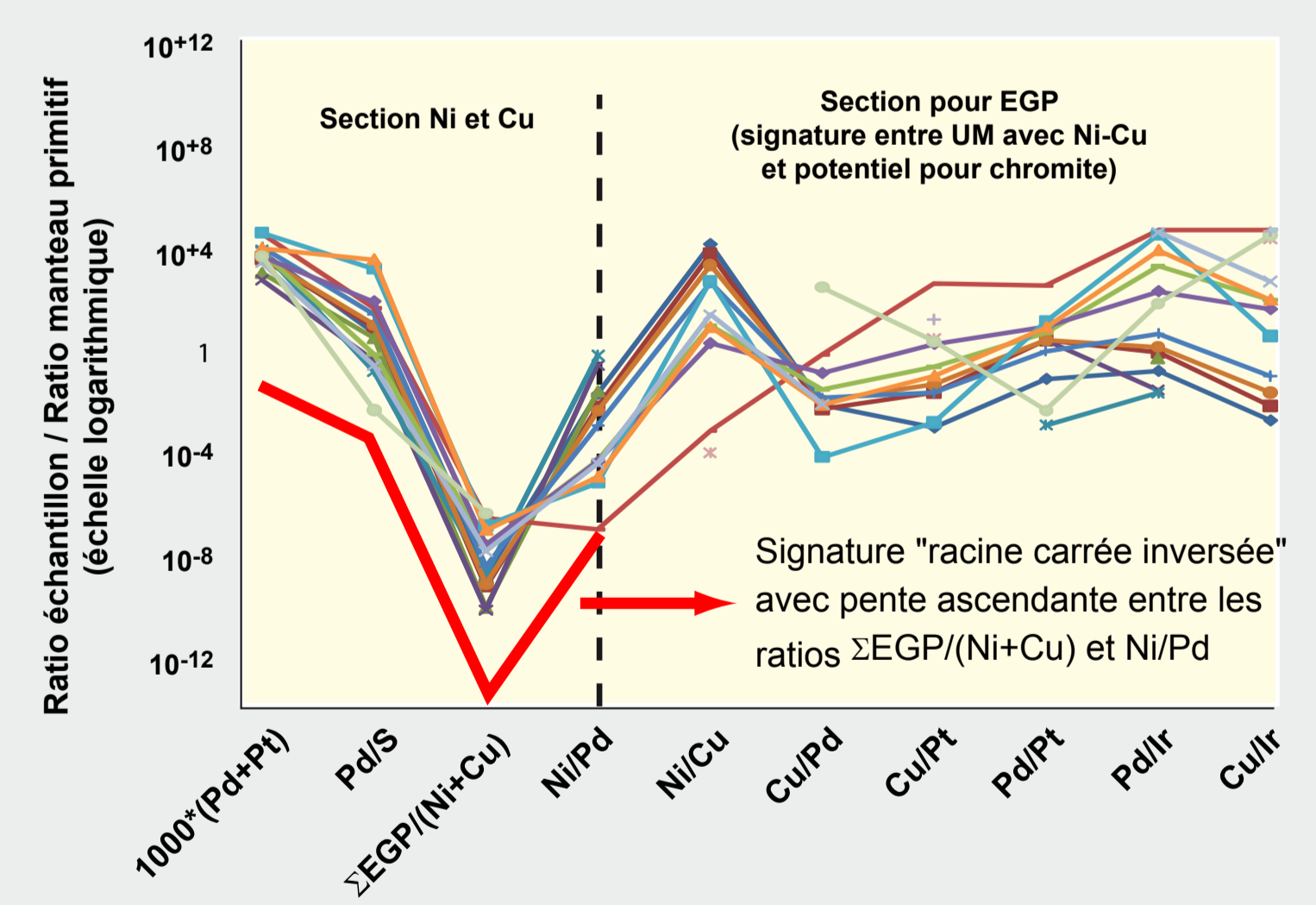
#### Exemple 2 - Lac Bleu (0,337 Mt, 0,7% Ni et 1,06% Cu; Clark, 1989)



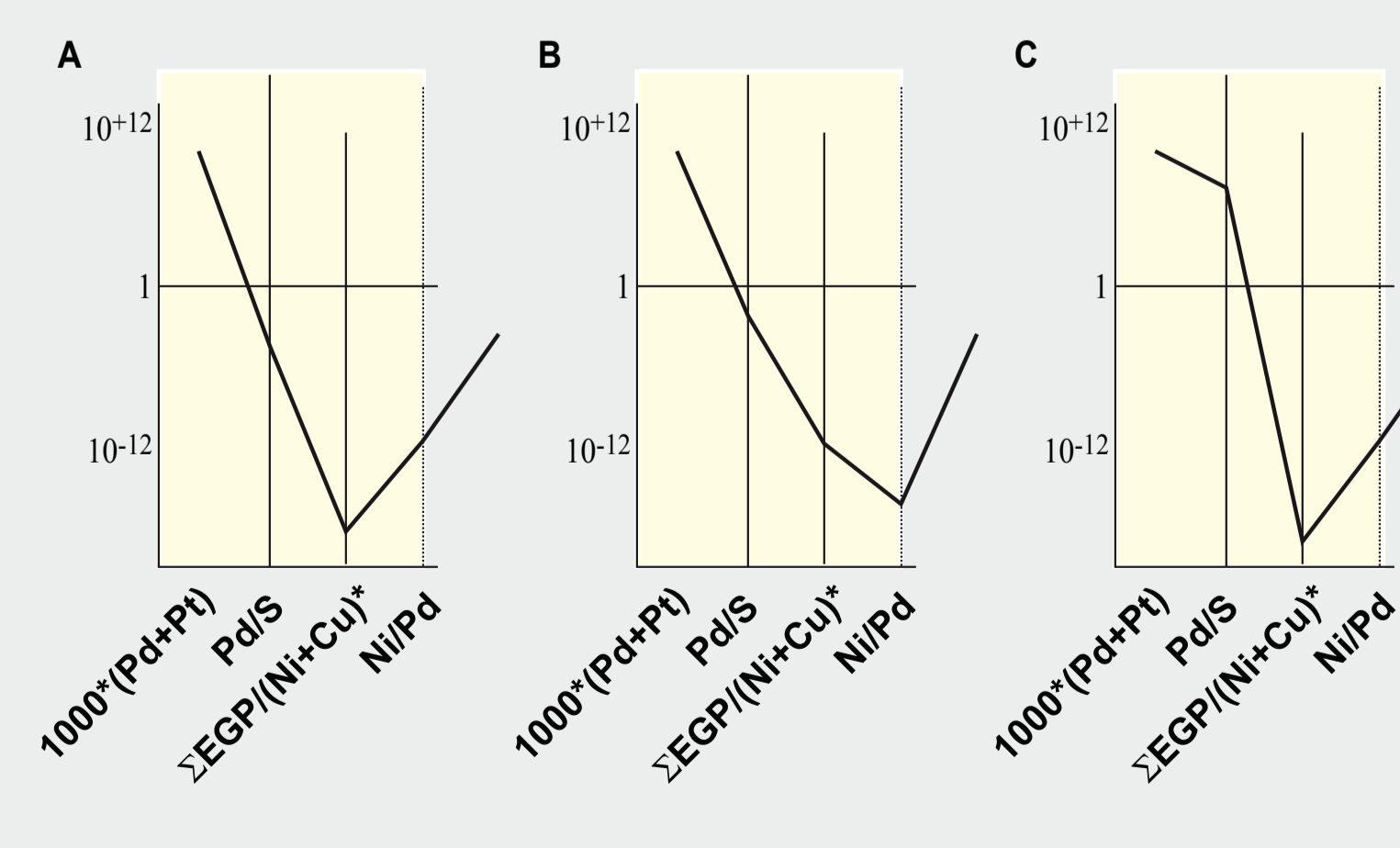
#### Exemple 3 - Lac des Iles (Gisement de Pd; Brüggmann et al., 1989)



#### Exemple 4 - Ophiolite de Thetford Mine (Oshin, 1981)



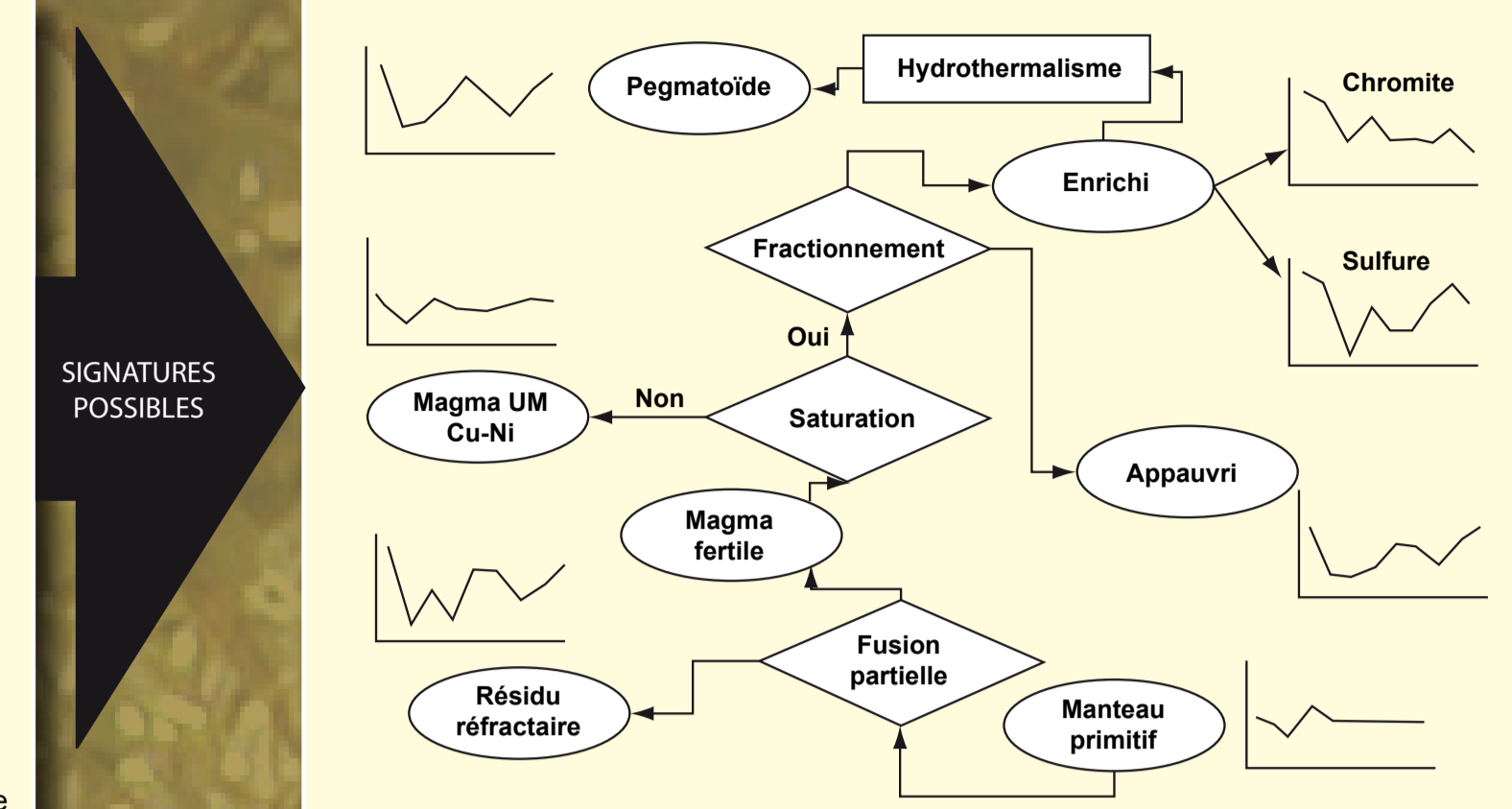
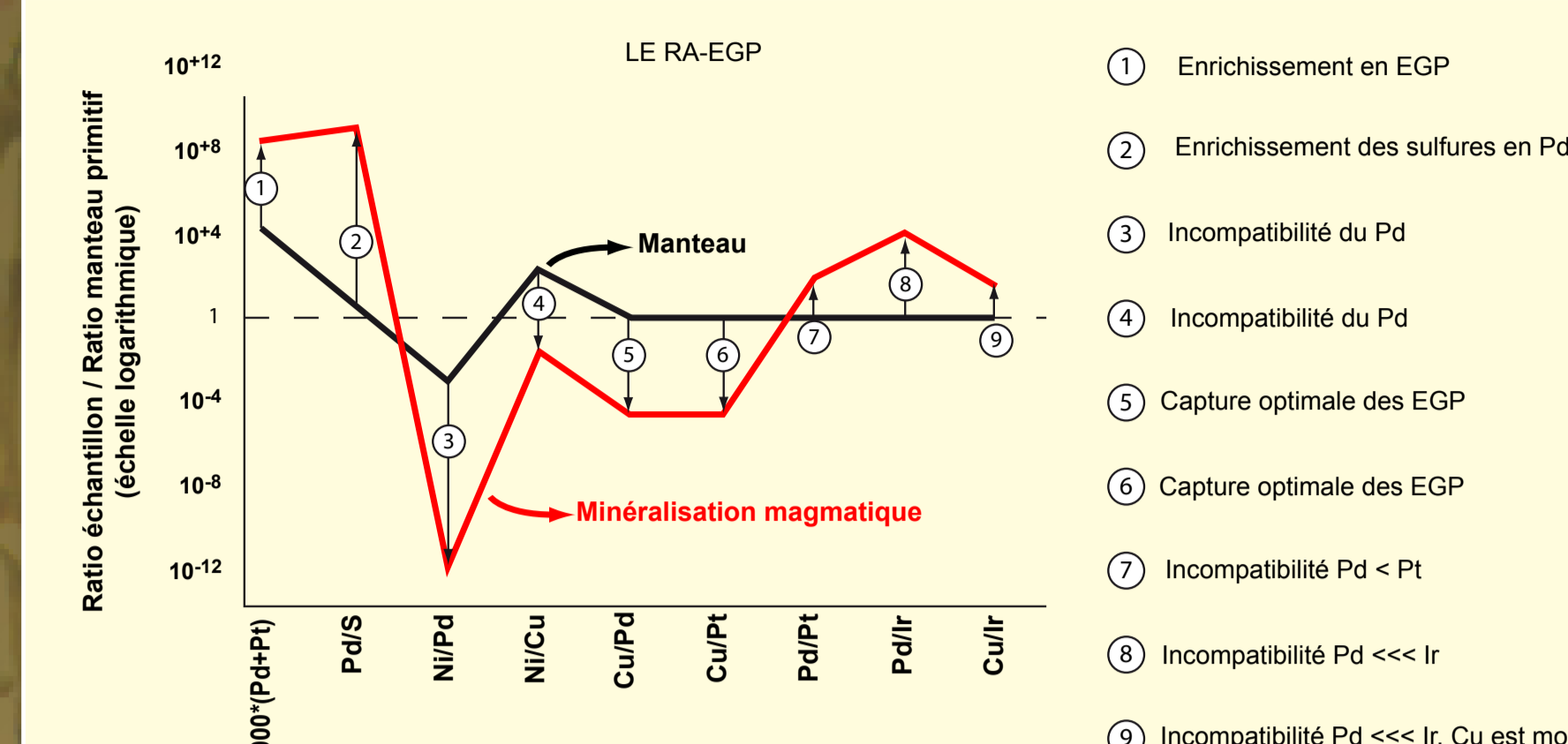
#### Signatures typiques de la section Ni-Cu du RA-EGP-NI



- A) Profil idéal avec une forme de crochet qui indique un fort potentiel. Le ratio Pd/S relativement bas indique une saturation en soufre tandis qu'une faible valeur du ratio  $\Sigma EGP / (Ni+Cu)$  indique une ségrégation des sulfures.
- B) Profil descendant indiquant qu'il y a beaucoup plus d'EGP que de Ni-Cu. Cela peut également indiquer une faible ségrégation des sulfures, donc que les conditions pour un gisement de type sulfure massif de Ni-Cu ne sont pas atteintes.
- C) Profil de type « racine carrée inversée » typique d'une intrusion riche en Ni, mais où les conditions de saturation en S n'ont pas été atteintes. Dans ce cas, même si on retrouve beaucoup de Ni, celui-ci se retrouve dans les silicates, comme c'est le cas dans les ophiolites.

#### Références

Arndt et al., 2005. Economic Geology, 5-23.  
Barnes et Lightfoot, 2005. Economic Geology, 179-213.  
Brüggmann et al., 1989. Mineralogy and Petrology, 1567-1573.  
Clark, 1989. Ministère Énergie et Ressources du Québec, MB 89-35.  
Eckstrand, 1996. Geology of Canadian mineral deposit types, 584-605.  
Oshin, 1981. Thèse de doctorat, U. McMaster.  
Pearson, 2007. Rapport Consorem 2003-09.

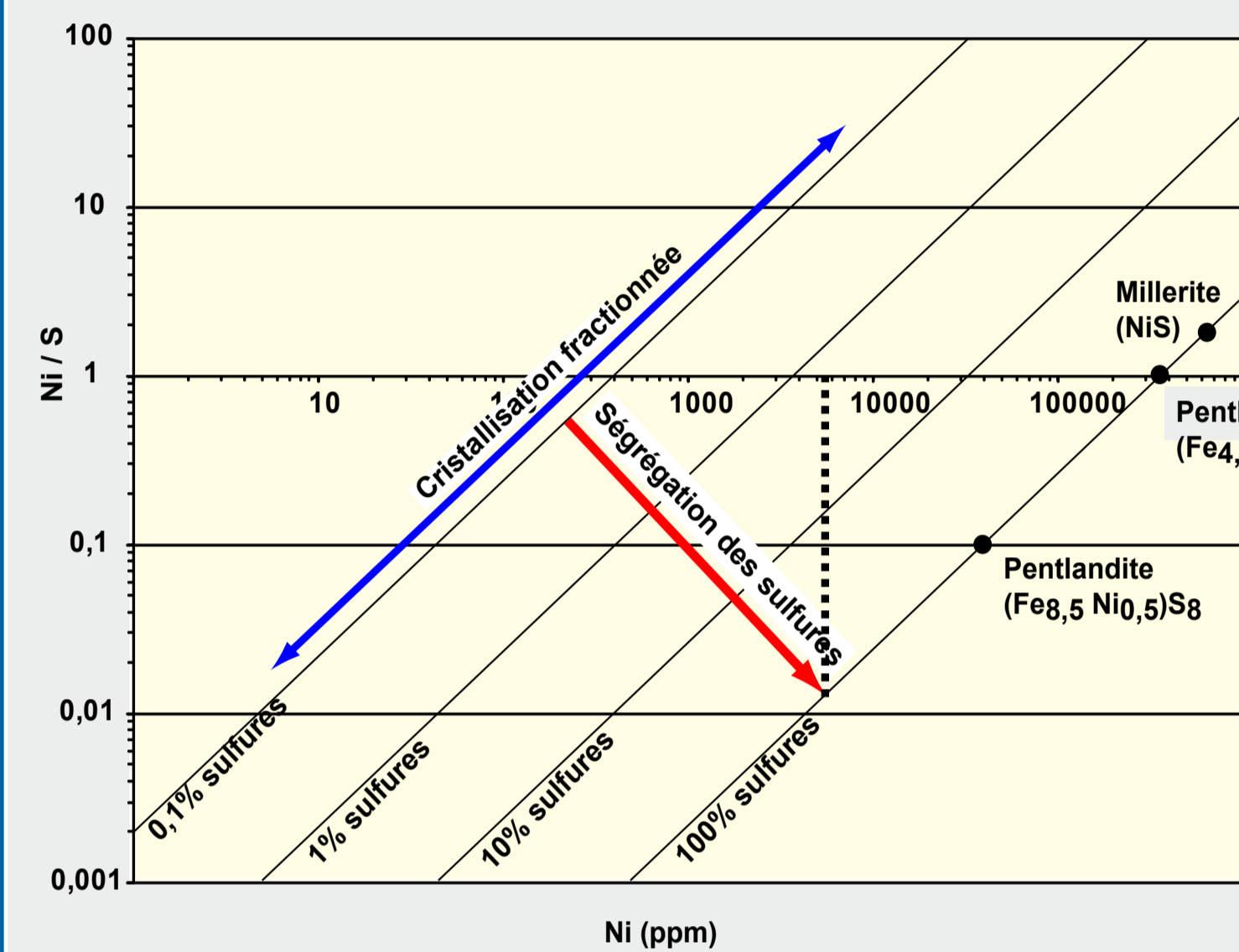


### OUTIL 2 : Graphique Ni vs Ni/S

L'utilisation du RA-EGP plus nécessite la disponibilité d'analyses en EGP, ce qui n'est pas toujours le cas, plus particulièrement en ce qui a trait à l'iridium. C'est pourquoi une seconde méthode d'évaluation du potentiel en Ni-Cu des intrusions a été définie, cette fois en utilisant les analyses en nickel et en soufre.

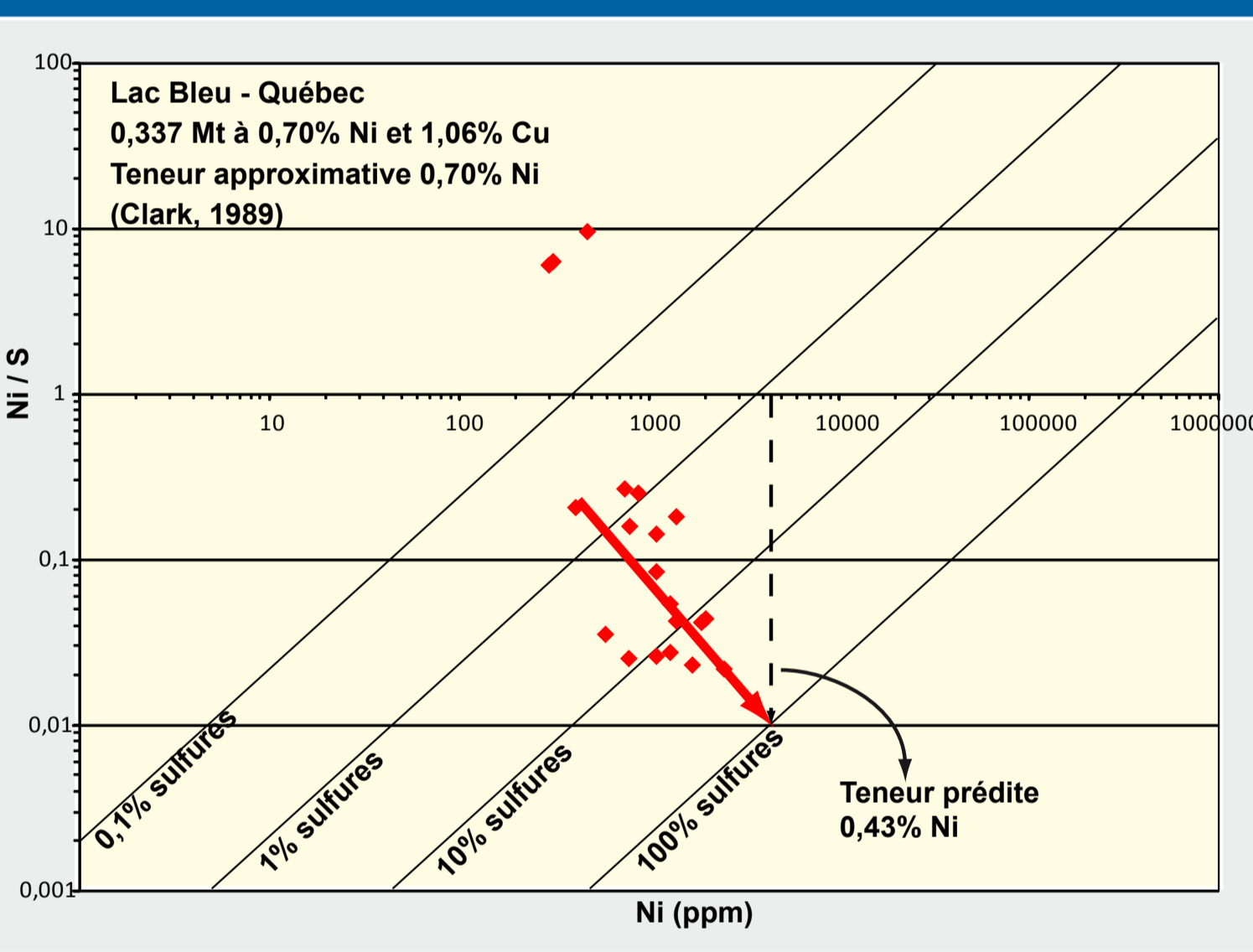
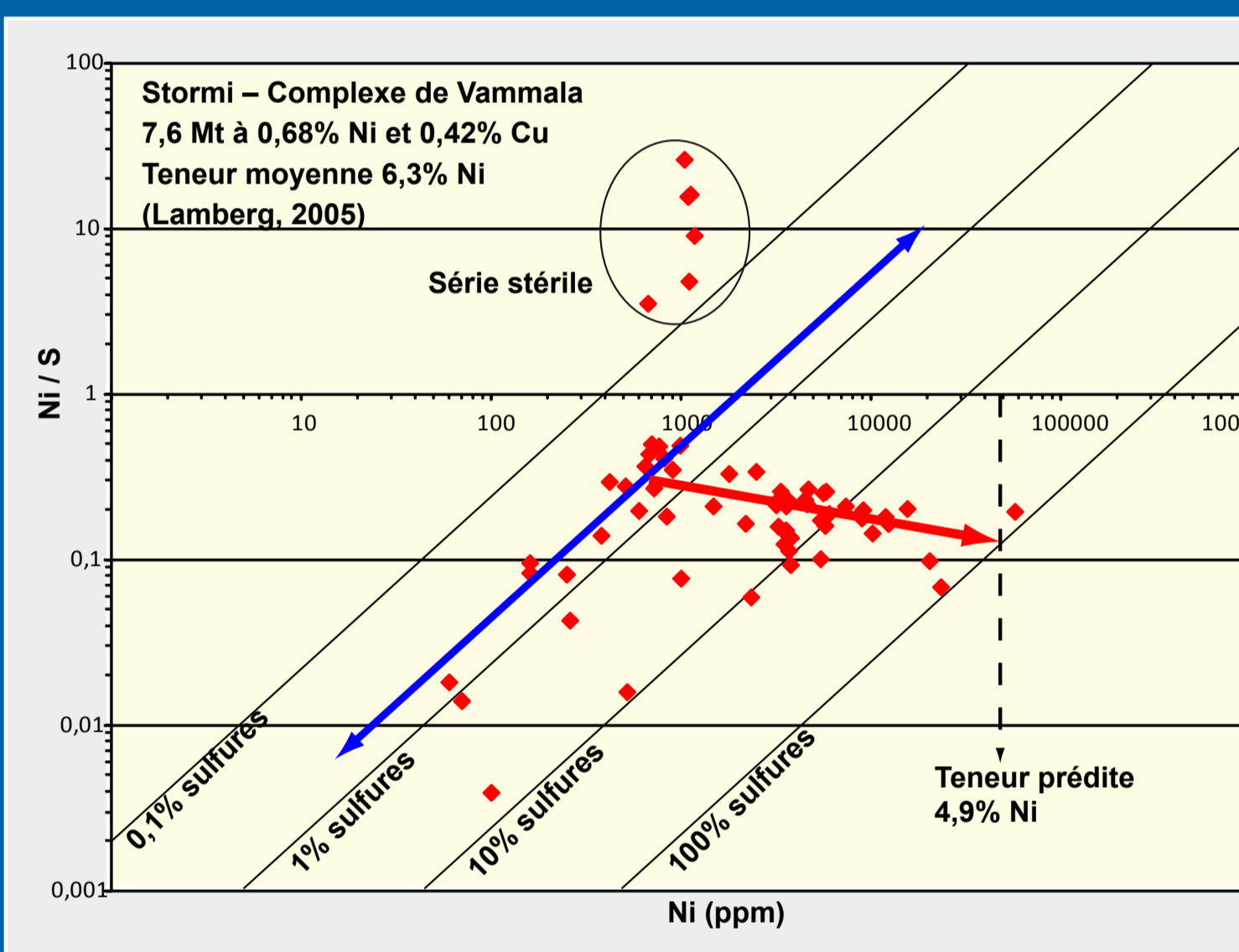
Cette méthode fait appel au fait qu'une intrusion doit non seulement contenir du nickel pour être potentiellement hôte d'un gisement de sulfure de Ni-Cu, mais aussi être saturée en soufre. Si cette condition n'est pas respectée, le nickel se retrouve dans les silicates, plus particulièrement l'olivine et le pyroxène.

#### Éléments de base du graphique Ni vs Ni/S



Le graphique Ni vs Ni/S (à gauche) permet de définir plusieurs éléments relatifs à l'intrusion étudiée.

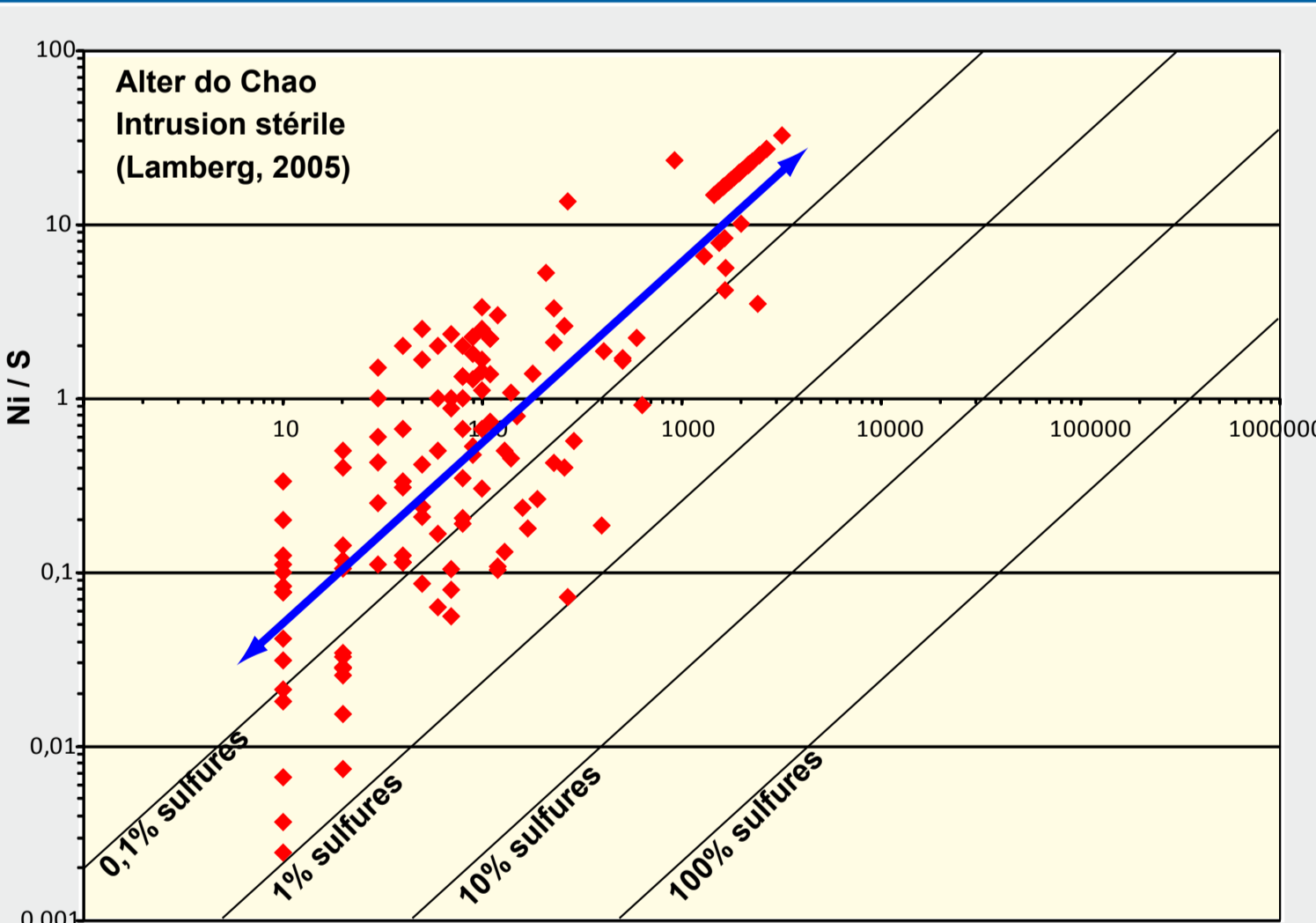
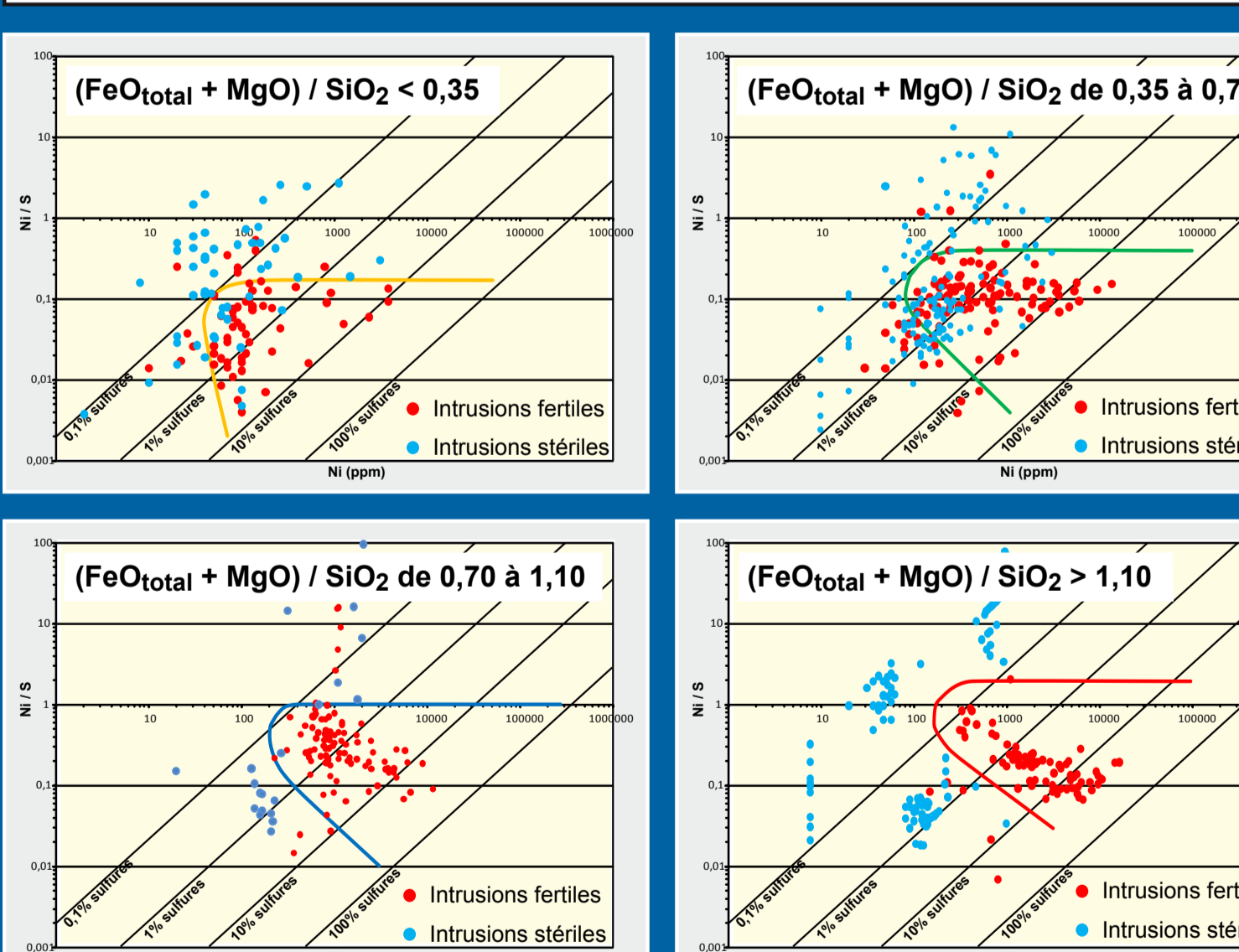
- 1) Il est possible de déterminer la proportion de sulfure présente dans l'échantillon par une série de droites. Dans un cas simple, un sulfure massif contenant du fer et du nickel dans une proportion de 17:1 se situerait au point pentlandite le plus bas, alors qu'un sulfure massif contenant uniquement du nickel se situerait au point millérite.
- 2) Dans une intrusion où il y a cristallisation fractionnée et où il y a absence de sulfure et/ou absence de ségrégation de ces derniers, les échantillons se positionneront le long d'une droite parallèle aux droites de contenu en sulfure. Cette droite est illustrée par la double flèche bleue.
- 3) S'il y a ségrégation de sulfure, les échantillons se positionneront le long d'une droite partant des basses teneurs en sulfures vers les hautes teneurs en sulfures. Cette droite est illustrée par la flèche rouge. La pente de cette droite est dépendante de l'enrichissement en nickel du sulfure massif relativement à la partie disséminée.
- 4) Finalement, dans le cas où les échantillons se situent le long d'une droite indiquant une ségrégation, l'intersection de cette droite avec la ligne 100% sulfures permet d'évaluer la teneur du sulfure massif (ligne pointillée).



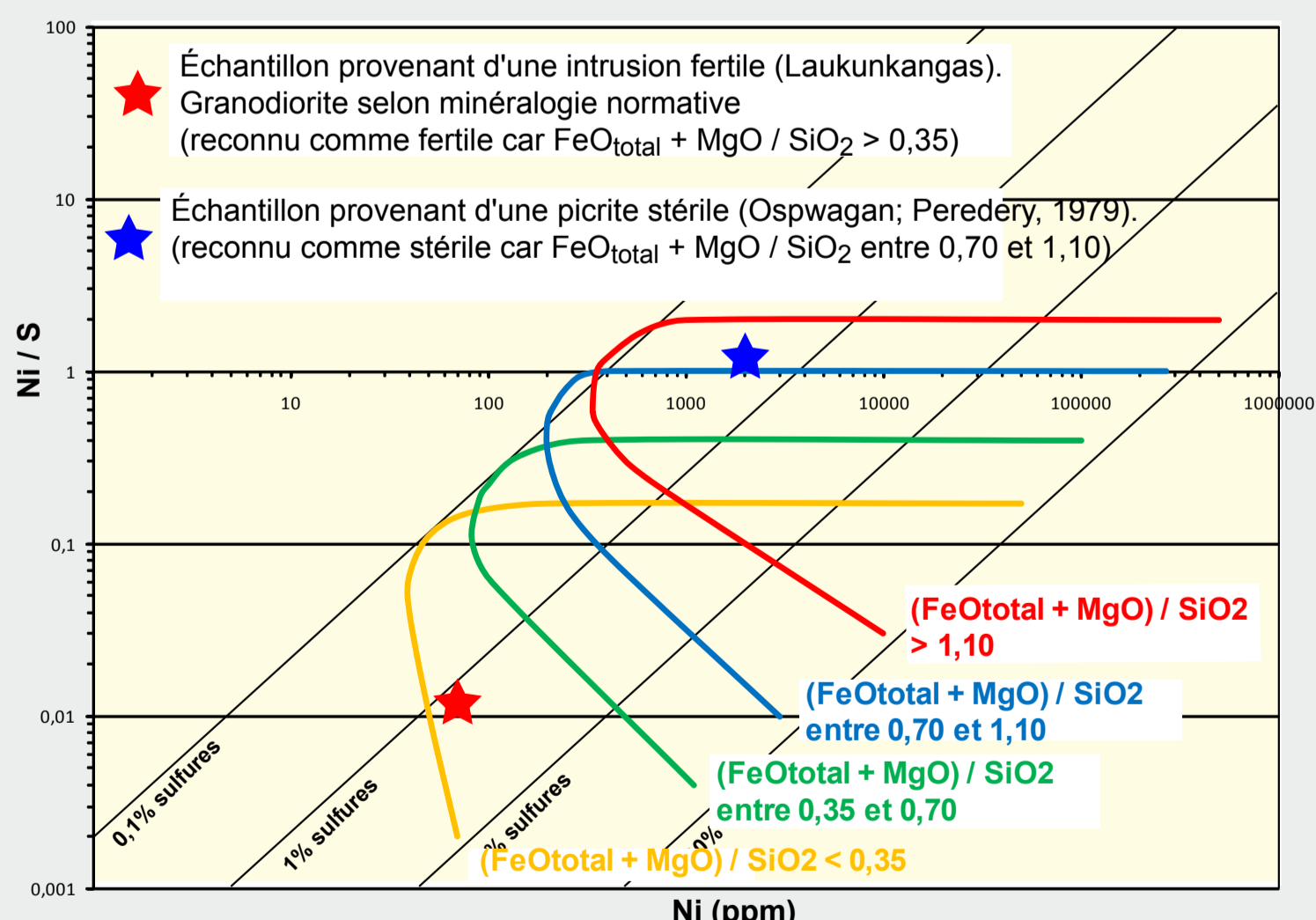
Les trois exemples ci-montrés permettent de visualiser l'utilisation du graphique et les interprétations que l'on peut en faire. On peut voir un exemple où il y a ségrégation des sulfures en plus d'une cristallisation fractionnée (Stormi), un exemple où la ségrégation est le processus principal (Lac Bleu) et une intrusion stérile où les échantillons sont tous distribués le long d'une droite de fractionnement (Alter do Chao).

Malgré l'efficacité apparente du graphique, les résultats démontrés ne peuvent être obtenus si l'intrusion étudiée est échantillonnée à plusieurs reprises et à plusieurs niveaux. C'est pourquoi 4 champs de fertilité ont été définis.

Les quatre champs (voir encadrés ci-bas) sont déterminés selon le caractère mafique de la roche tel que défini par l'équation  $(Fe_{O_{total}} + MgO) / SiO_2$ . Il est donc possible grâce à un échantillon analysé pour les éléments majeurs, le nickel et le soufre, de déterminer si l'intrusion a un potentiel pour le Ni-Cu. De plus, dans le cas d'une intrusion polyphasée, il est possible de savoir quelle(s) phase(s) a un potentiel et laquelle est stérile(s) (voir l'exemple de Stormi). Il est également possible mettre les résultats en carte et ainsi définir des vecteurs d'exploration.



#### Exemples d'utilisation du graphique



Le graphique Ni vs Ni/S et les courbes de discrimination illustrées permettent de définir la fertilité d'une intrusion ou d'une coulée pour le Ni-Cu indépendamment de la roche échantillonnée et même si les valeurs de Ni sont aussi basses que 40 ppm et si l'échantillon contient aussi peu que 0,1% sulfures.

#### Taux de succès de la reconnaissance de la fertilité

	Stérile			Fertile		
	Connu	Reconnu	Succès	Connu	Reconnu	Succès
< 0,35	52	41	79%	60	50	83%
0,35 à 0,70	132	85	65%	116	96	83%
0,70 à 1,10	24	17	71%	99	90	90%
> 1,10	116	116	100%	82	77	94%

$$CM = (Fe_{O_{total}} + MgO) / SiO_2$$

Références  
Lamborg, 2005. geological Survey of Finland Bulletin 402  
Perederéy, 1979. Canadian Mineralogist, 187-200

