

# Outils géochimiques pour la fertilité des intrusions mafiques ultramafiques pour les EGP et le Ni-Cu

Hugues Longuépée et Vital Pearson

Utilisation des outils et méthodes du Consorem  
Québec Exploration 2010



# L'origine des projets

1. Le Québec contient de nombreuses intrusions mafiques et ultramafiques
2. Ces intrusions sont potentiellement intéressantes pour les minéralisations en EGP et Ni-Cu
3. Il est difficile de distinguer les intrusions fertiles des intrusions stériles en se basant les lithologies et les graphiques binaires définis dans la littérature.

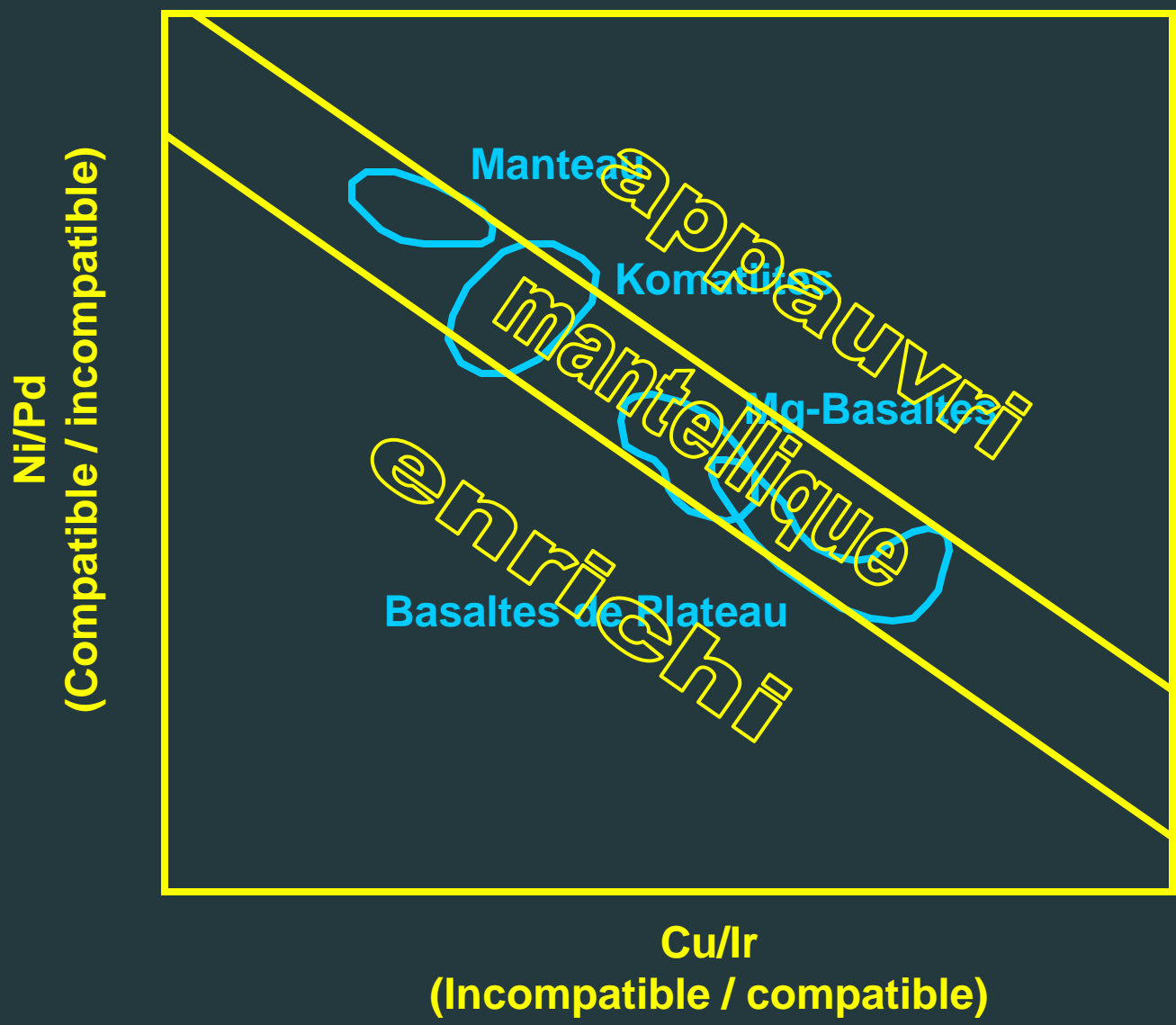
# Objectifs

- 1- Définir des critères géochimiques facilitant l'élaboration d'un modèle d'exploration pour les EGP, le Ni et le Cu au Québec et ailleurs
- 2- Développer de nouveaux outils d'exploration pour ces métaux

# Plan

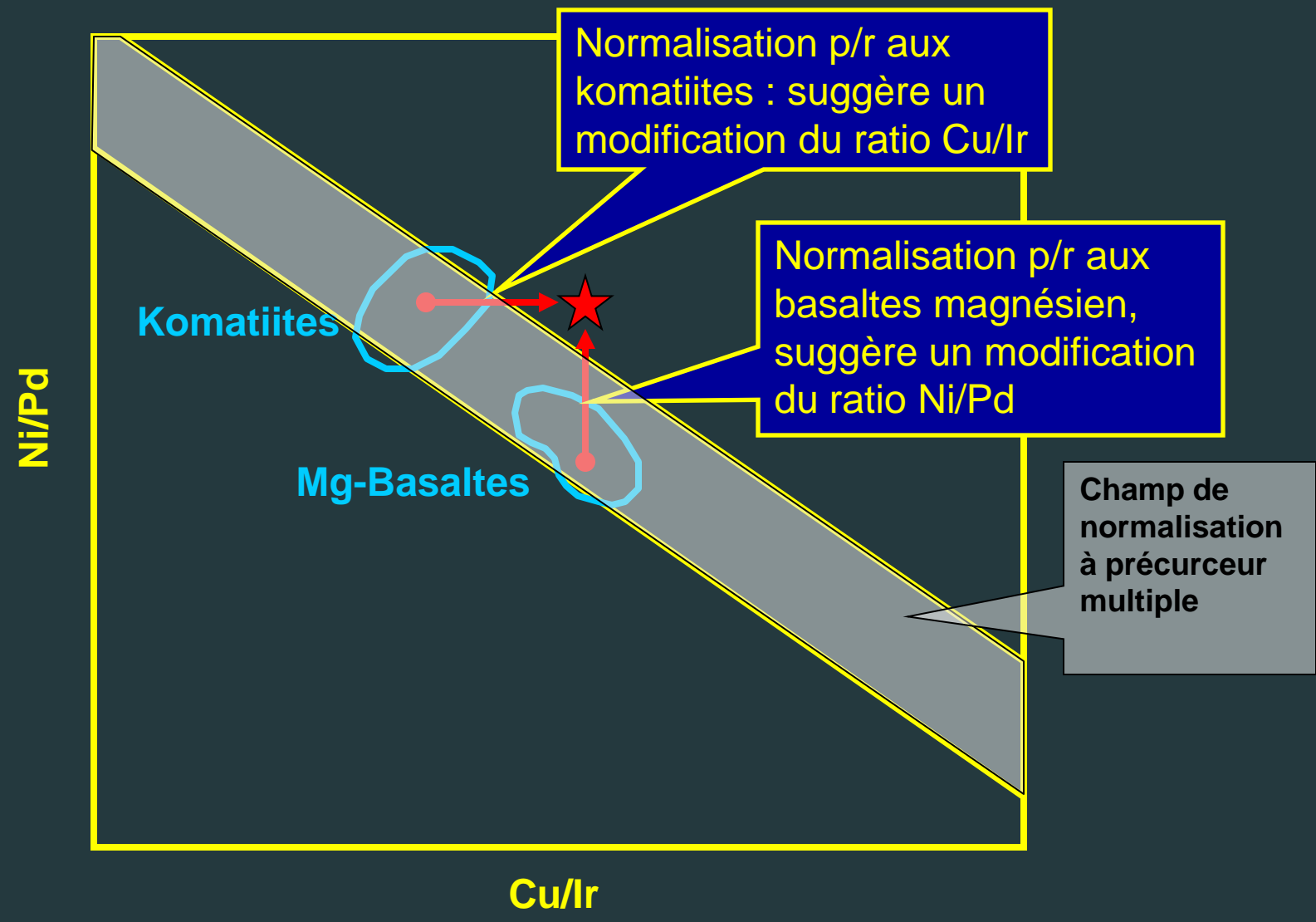
1. RA-EGP (2004)
  - I. Fondements
  - II. Exemples d'application
  
2. RA-EGP plus
  - i. Fondements
  - ii. Exemples d'application
  
3. Ratio Ni vs Ni/S
  - I. Fondements
  - II. Exemples d'application
  
4. Synthèse

# Exemple de diagramme binaire - EGP



Source : Barnes et al., 1988

# Diagrammes binaires - EGP

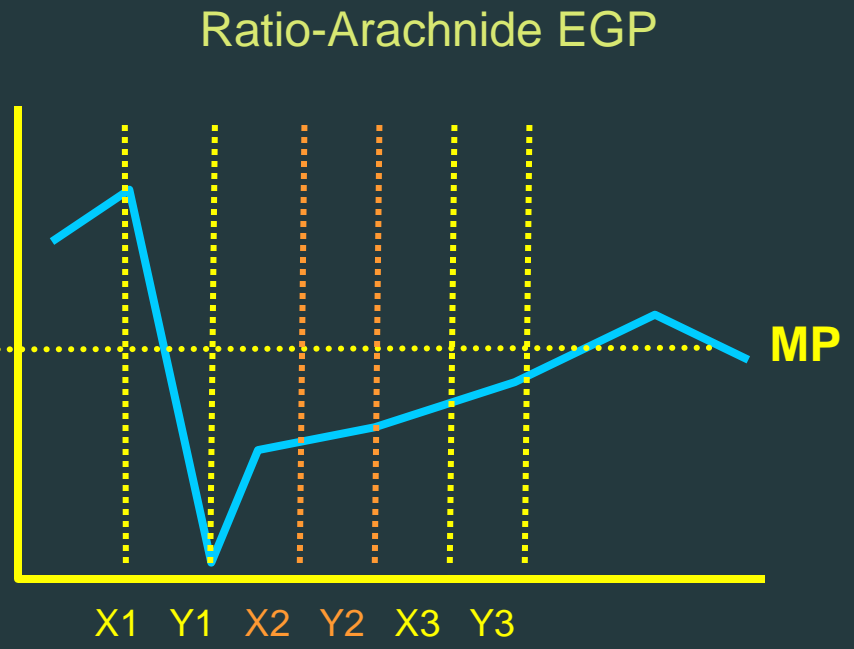
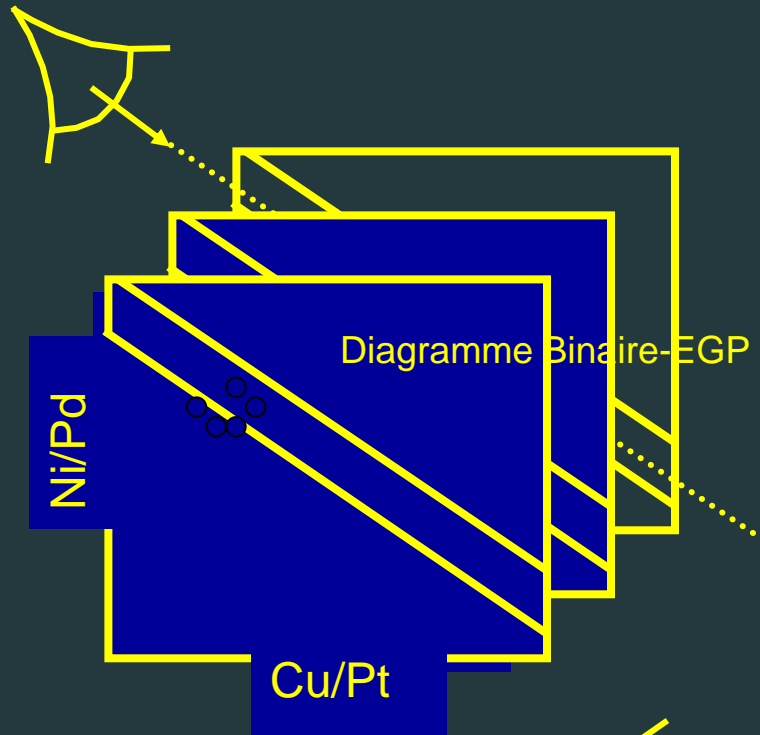


# Ratio-Arachnide EGP (RA-EGP)

PARAMÈTRES	MÉTHODE DE NORMALISATION	
1000*ΣPd+Pt	1000 x (Somme arithmétique Pt+Pd) en ppb	
Pd/S	$[ Pd/S_{(échant)} / Pd/S_{(MP)} ]^2$	(0,000 023 8)
Ni/Pd	$[ 10 \times Ni/Pd_{(échant)} / Ni/Pd_{(MP)} ]^2$	(500 000)
Ni/Cu	$[ 0.1 \times Ni/Cu_{(échant)} / Ni/Cu_{(MP)} ]^2$	(70)
Cu/Pd	$[ Cu/Pd_{(échant)} / Cu/Pd_{(MP)} ]^2$	(6 500)
Cu/Pt	$[ Cu/Pt_{(échant)} / Cu/Pt_{(MP)} ]^2$	(3 600)
Pd/Pt	$[ Pd/Pt_{(échant)} / Pd/Pt_{(MP)} ]^2$	(0.5)
Pd/Ir	$[ Pd/Ir_{(échant)} / Pd/Ir_{(MP)} ]^2$	(1)
Cu/Ir	$[ Cu/Ir_{(échant)} / Cu/Ir_{(MP)} ]^2$	(7 500)

Pt, Pd et Ir en ppb. Ni, Cu et S en ppm.

# Ratio-Arachnide EGP



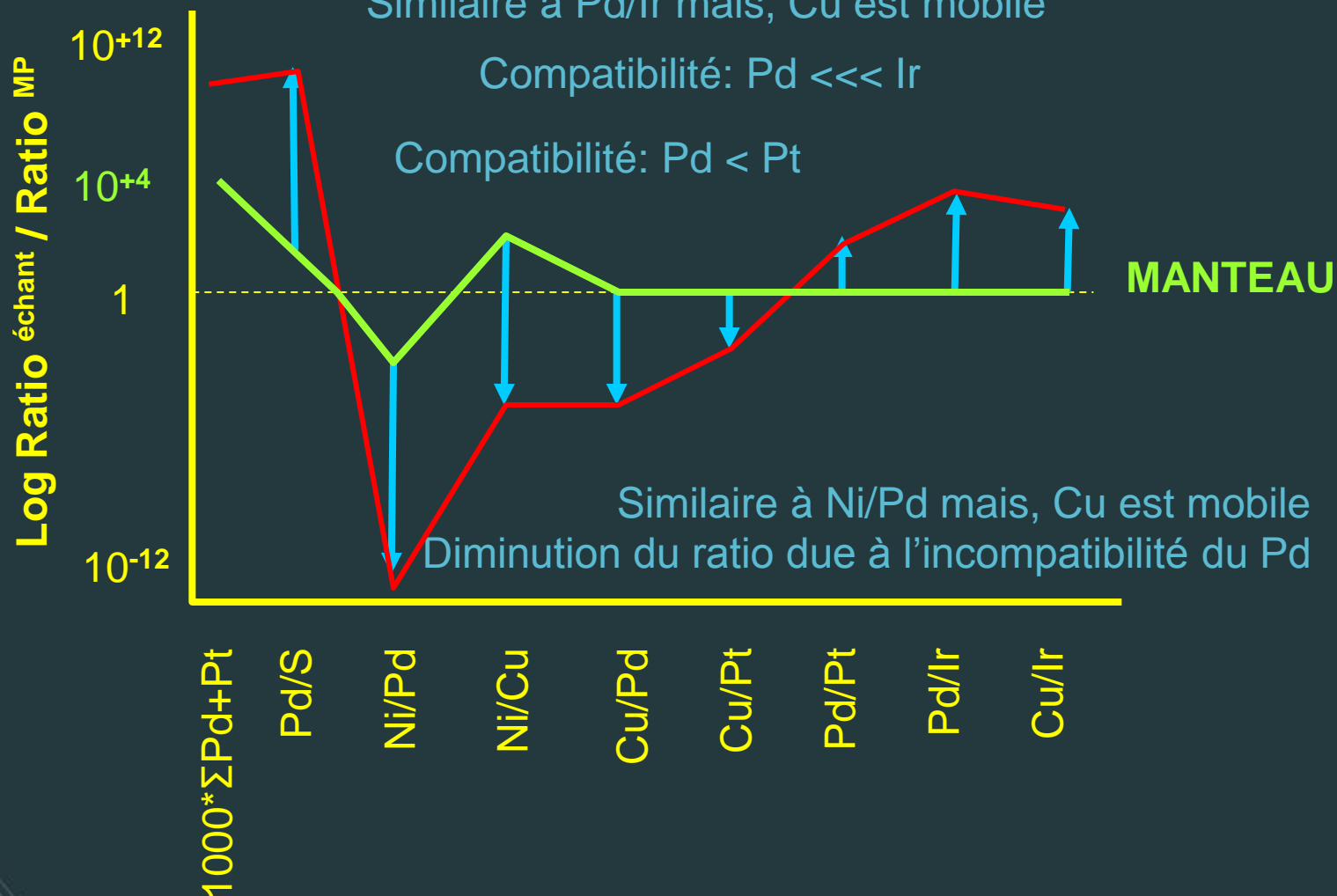


### Sulfures enrichis en Pd

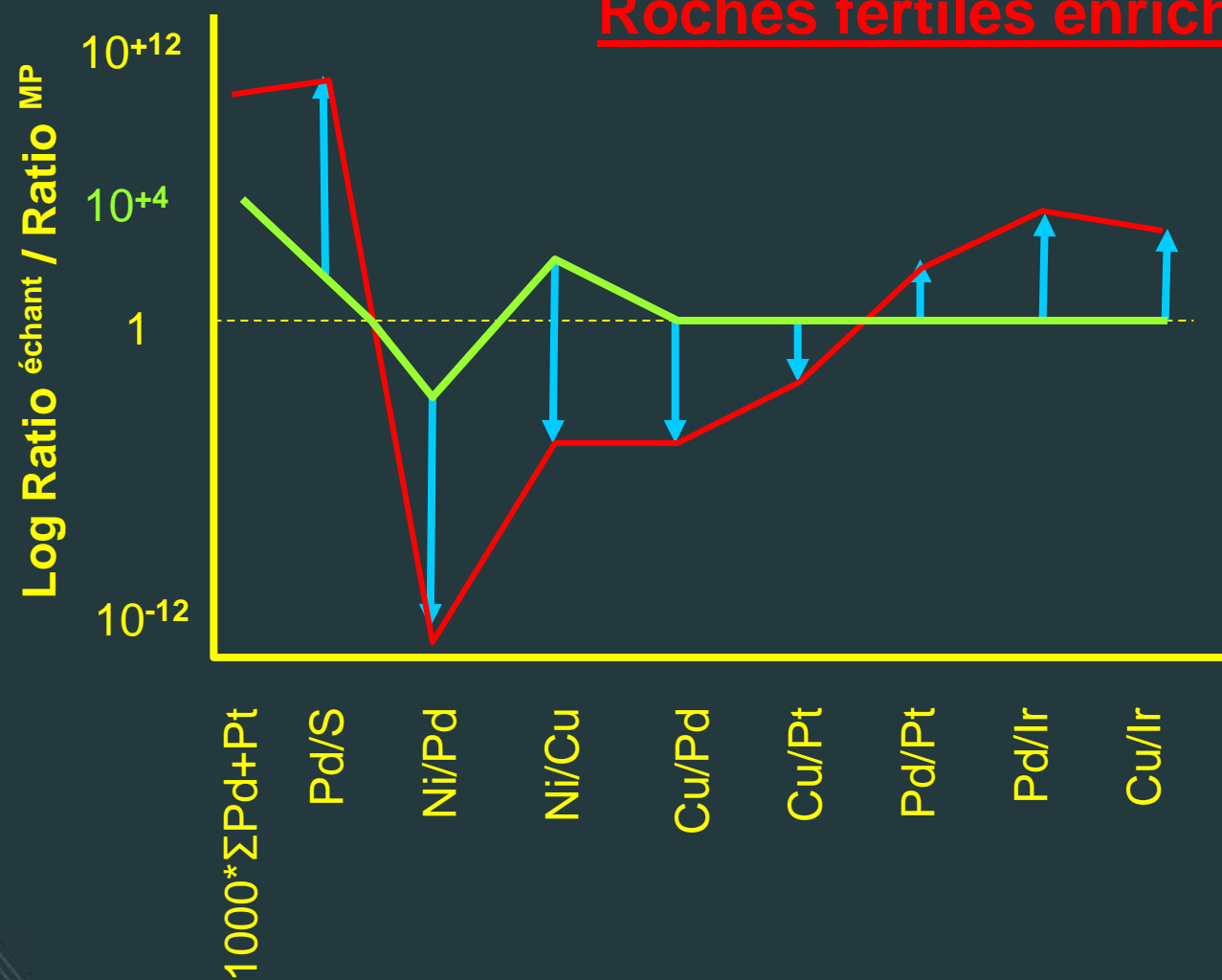
Similaire à Pd/Ir mais, Cu est mobile

Compatibilité: Pd <<< Ir

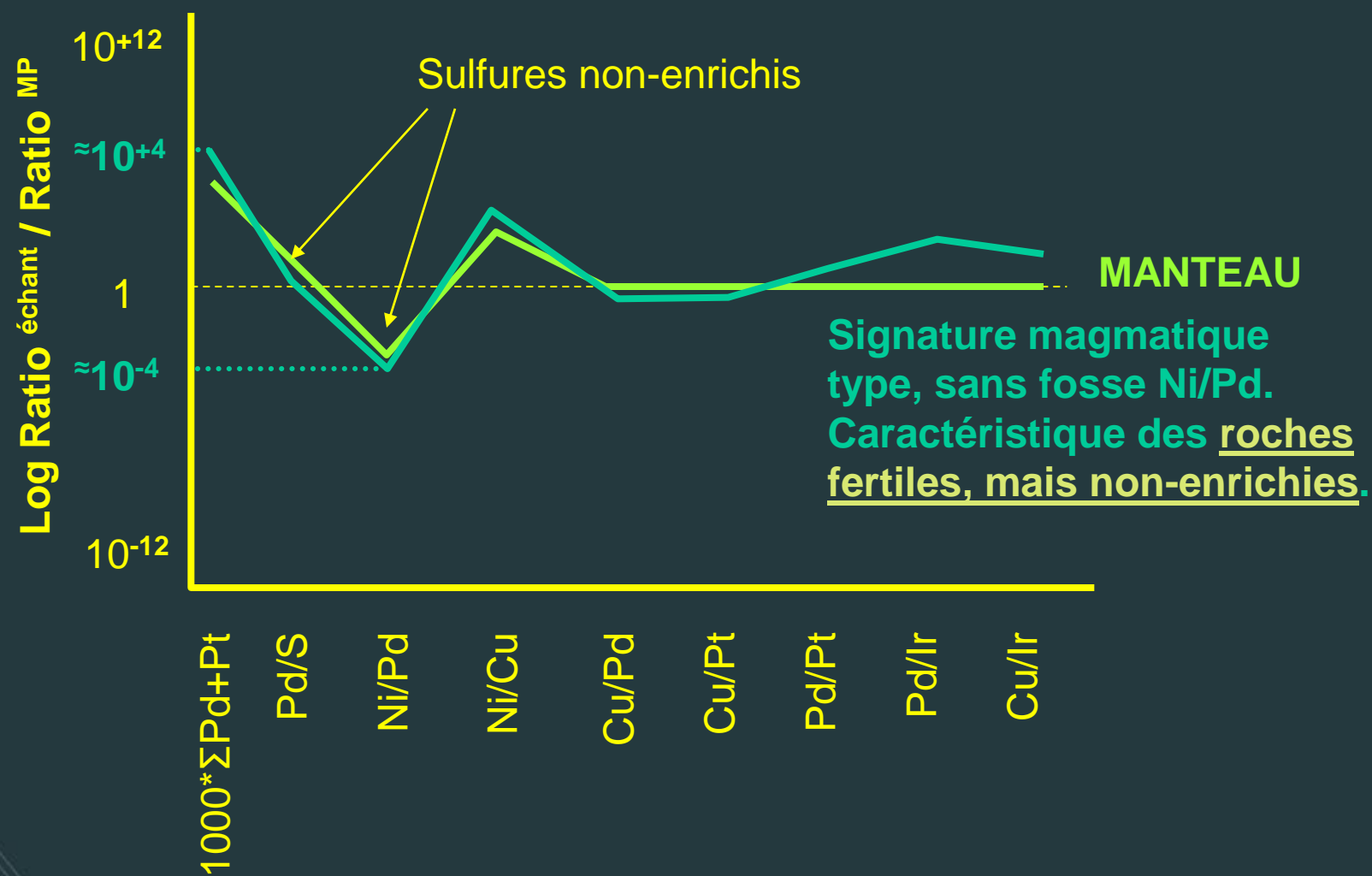
Compatibilité: Pd < Pt



## Roches fertiles enrichies



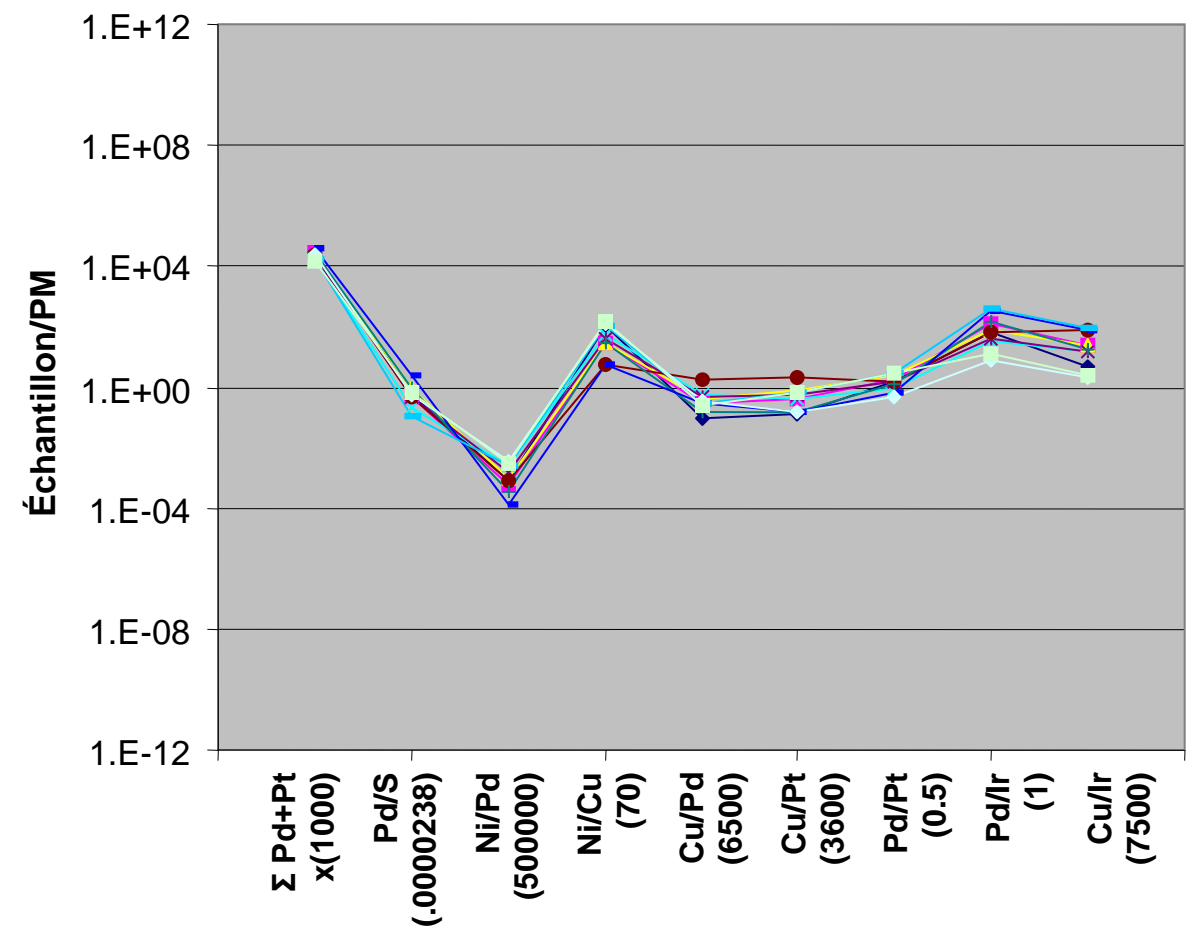
Signature  
 magmatique  
 type en forme  
 de CROCHET



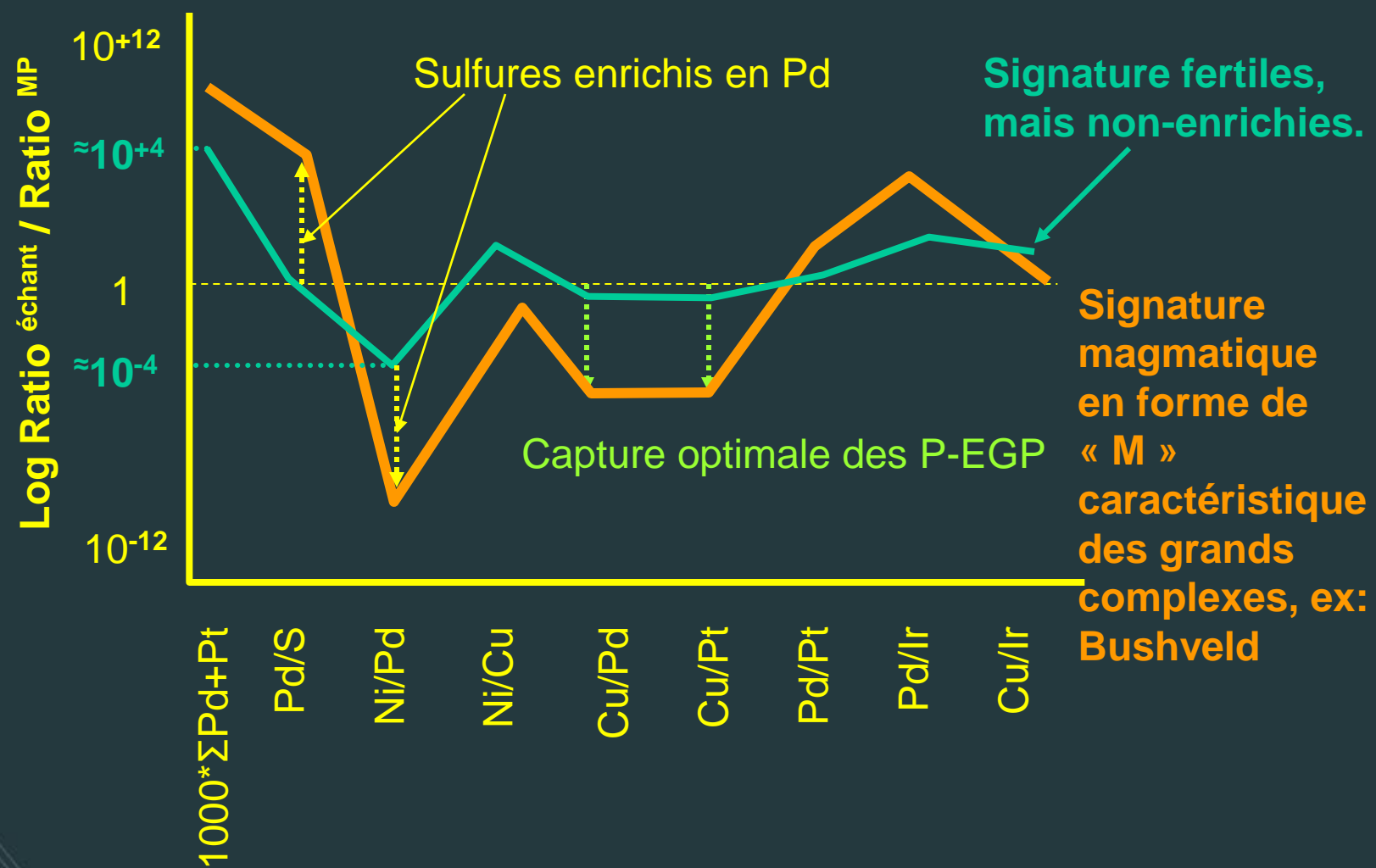
# Exemple: Komatiites de Munro

Ratio-Arachnide EGP  
(Pyke's flow)

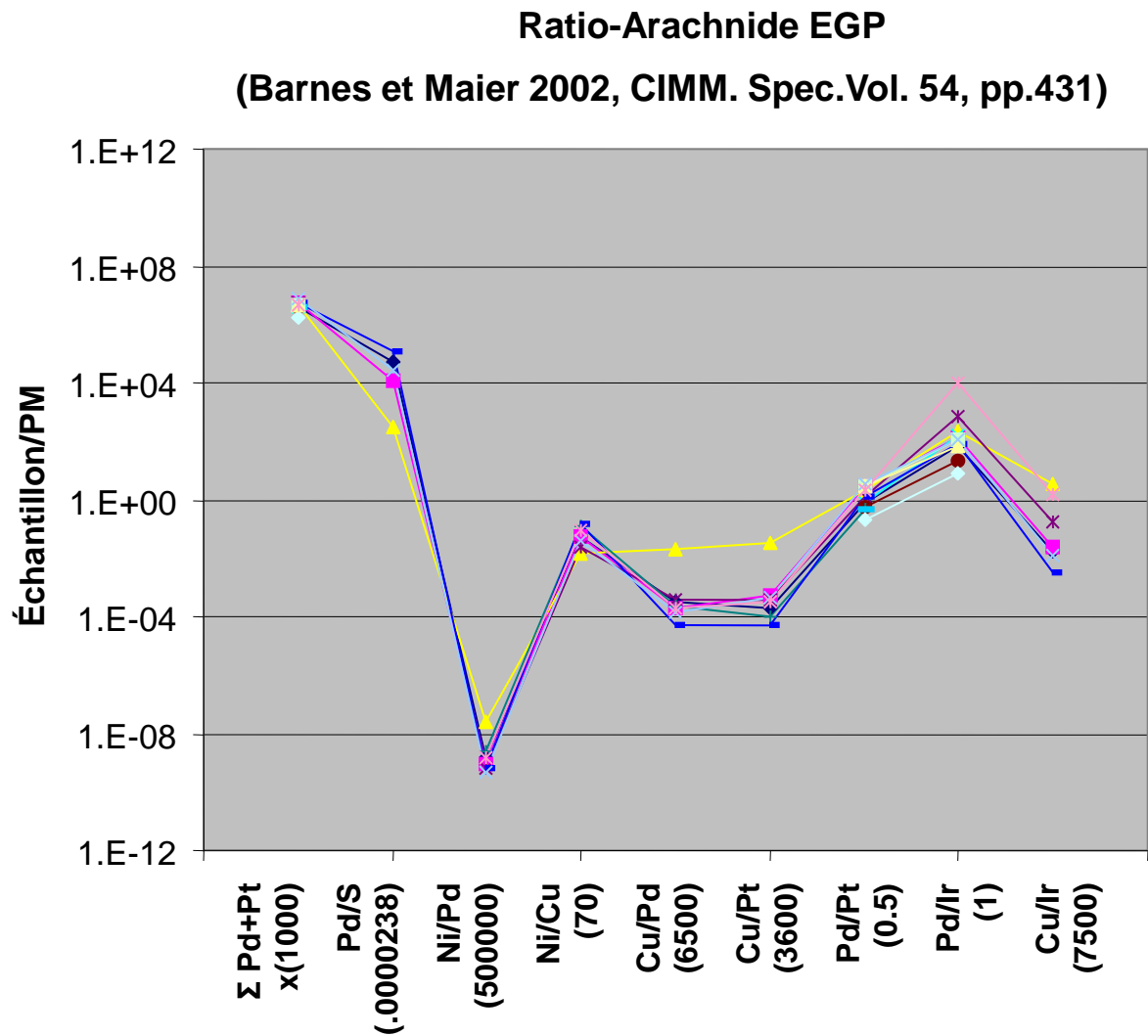
(Crocket et McRae. 1986. Eco. Geol. Vol. 81, pp.1242)



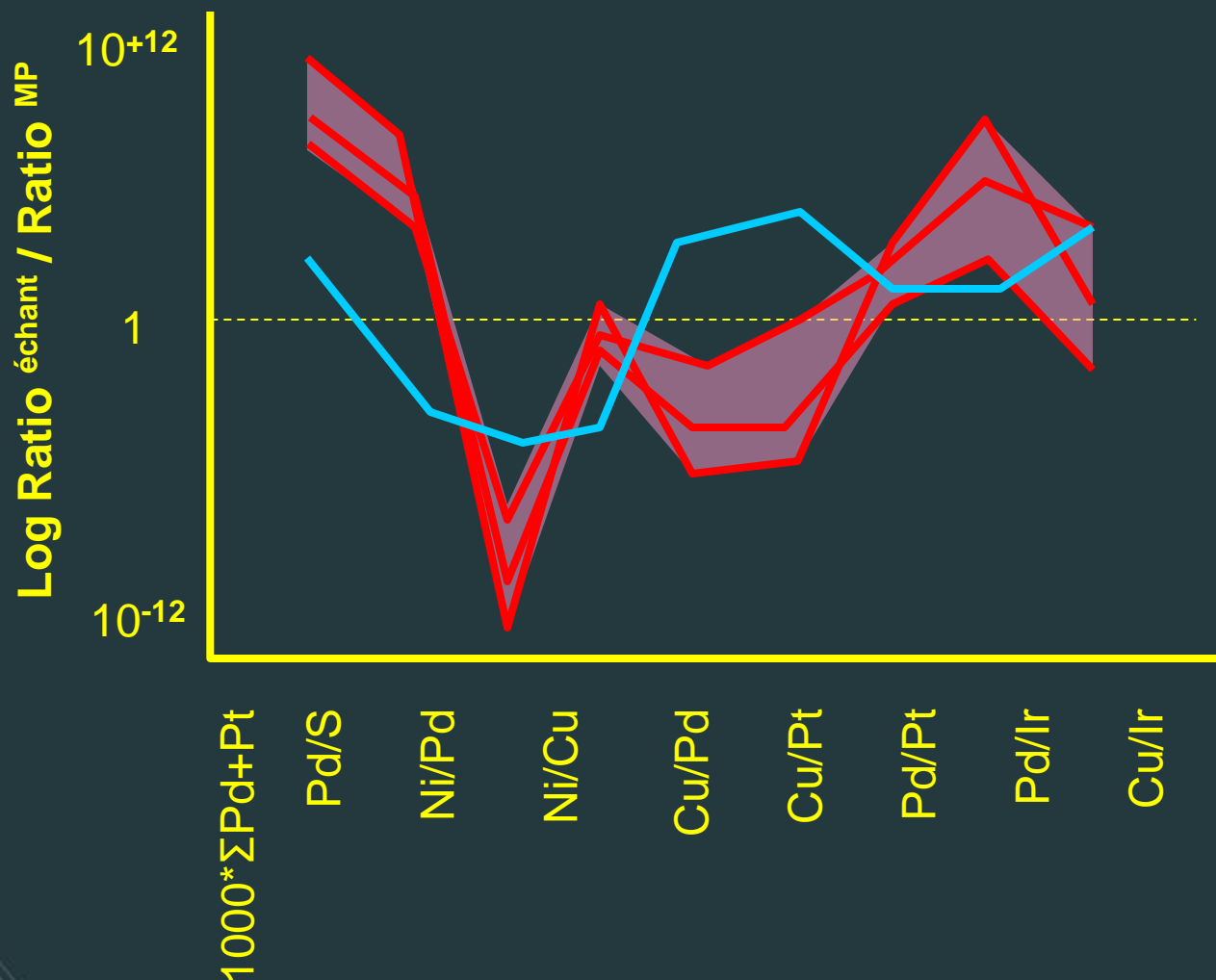
# Roches fertiles très enrichies – minéralisation MAGMATIQUE



# Exemple: Bushveld – UG2



## Roches Appauvries (Processus de différenciation)



**Signature  
magmatique  
type en forme  
de CROCHET**

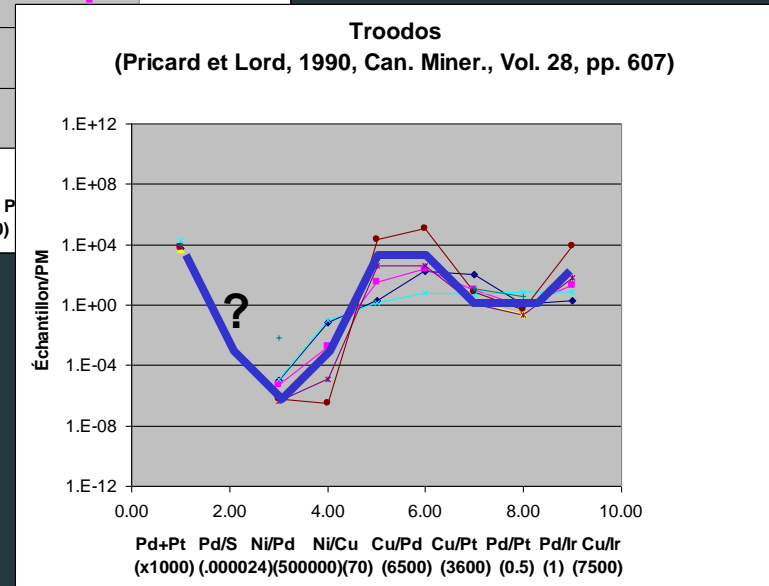
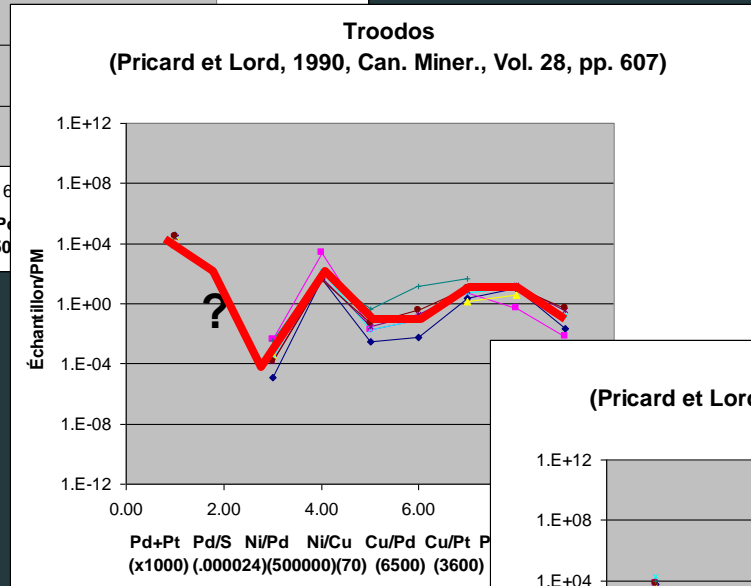
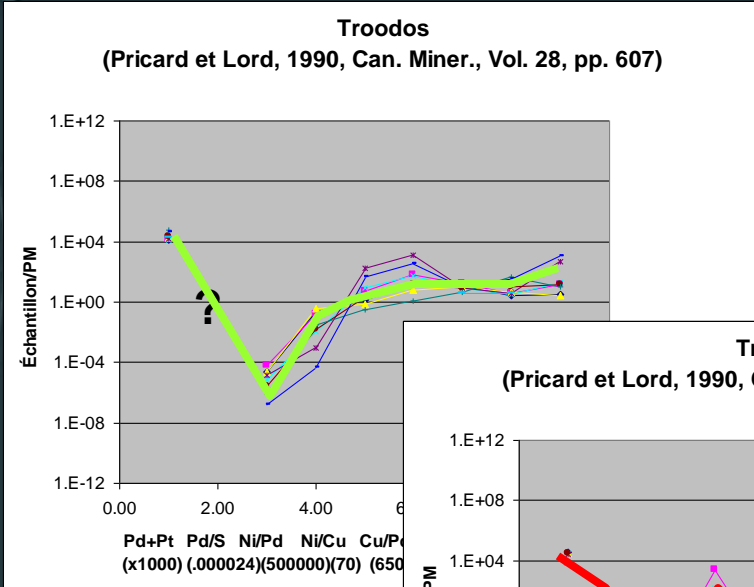
**Profil inverse  
aux zones  
minéralisées  
Roches**

# Exemple: Troodos

**Gabbro**

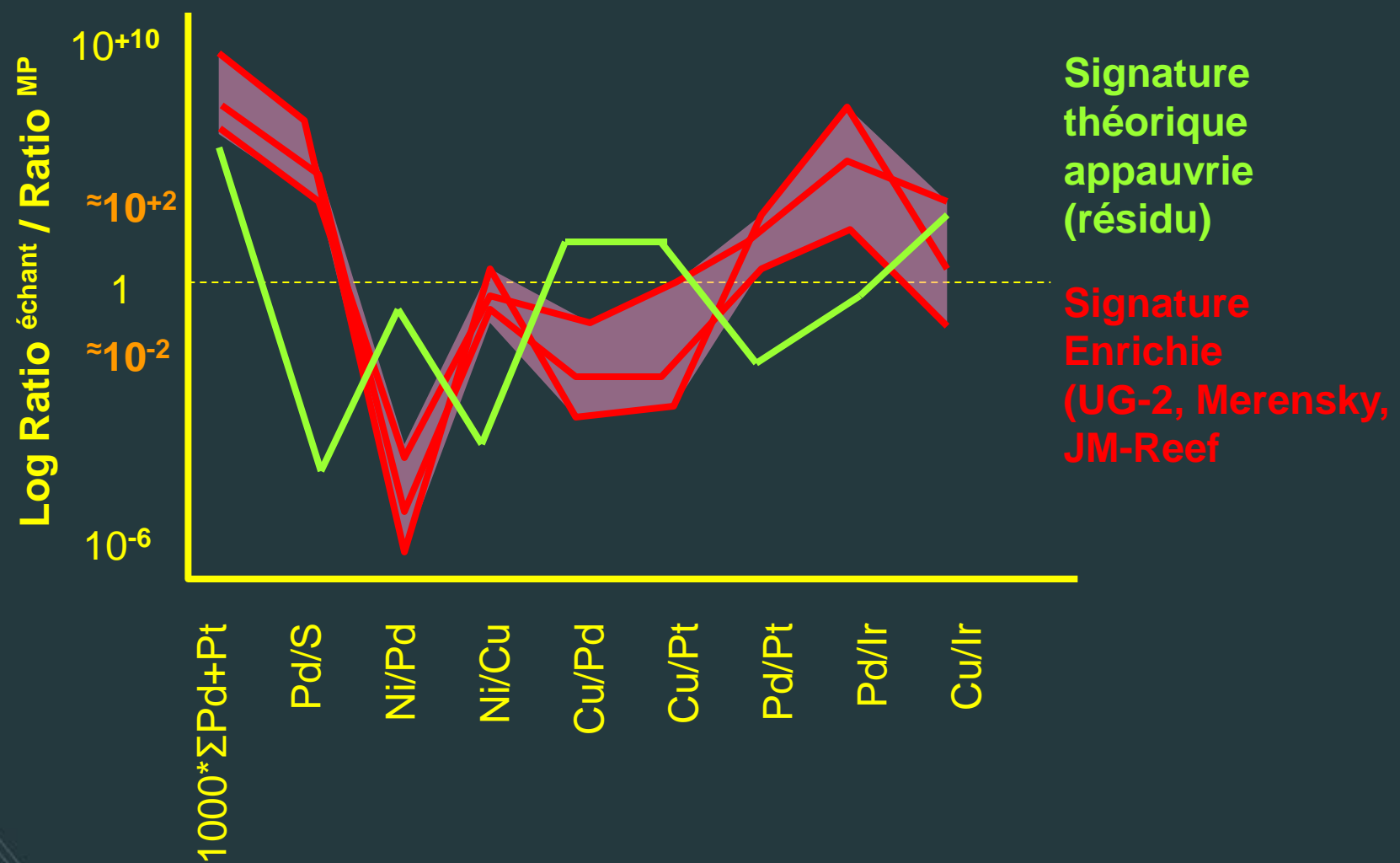
**Wehrlite**

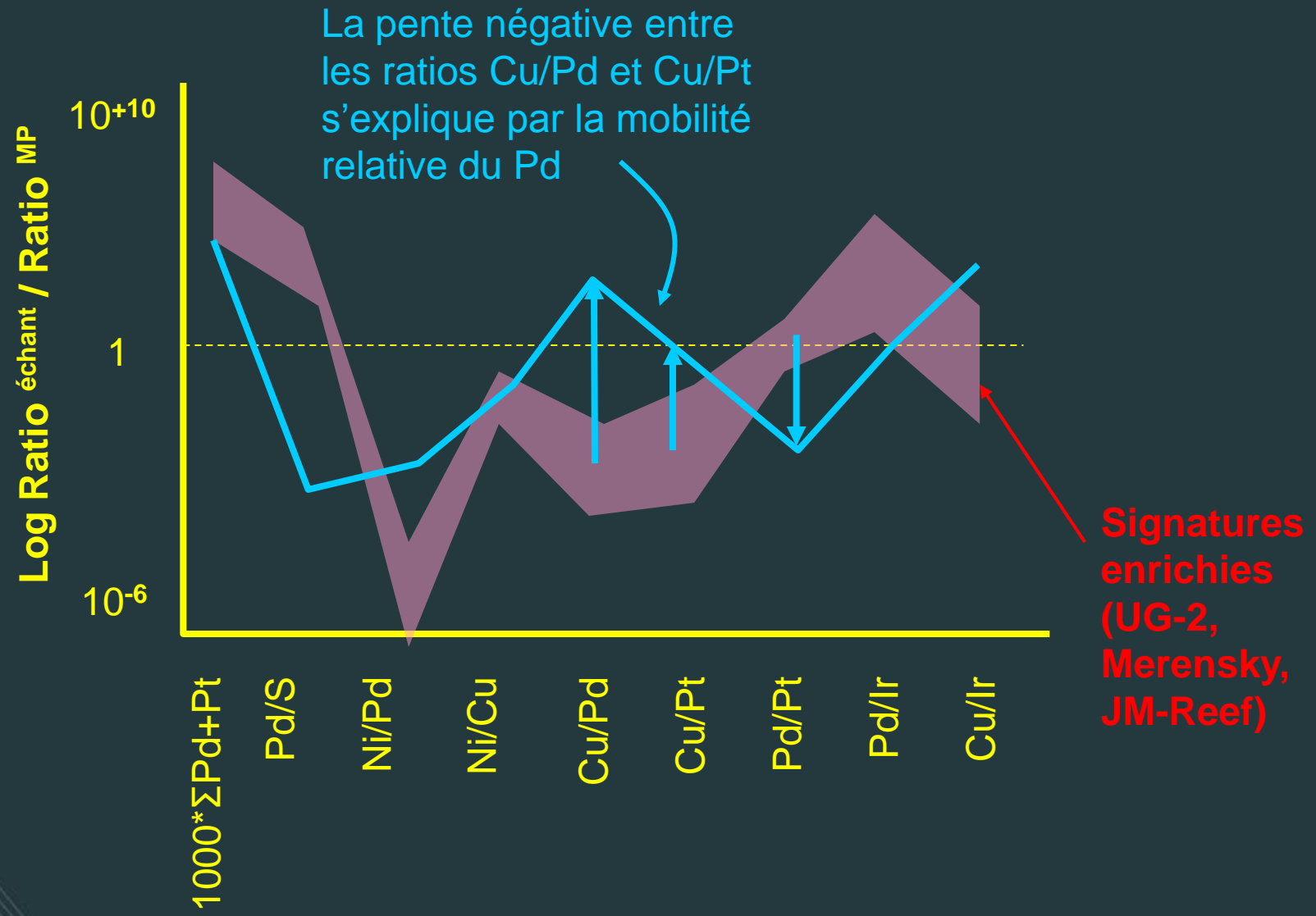
**Harzbugite**



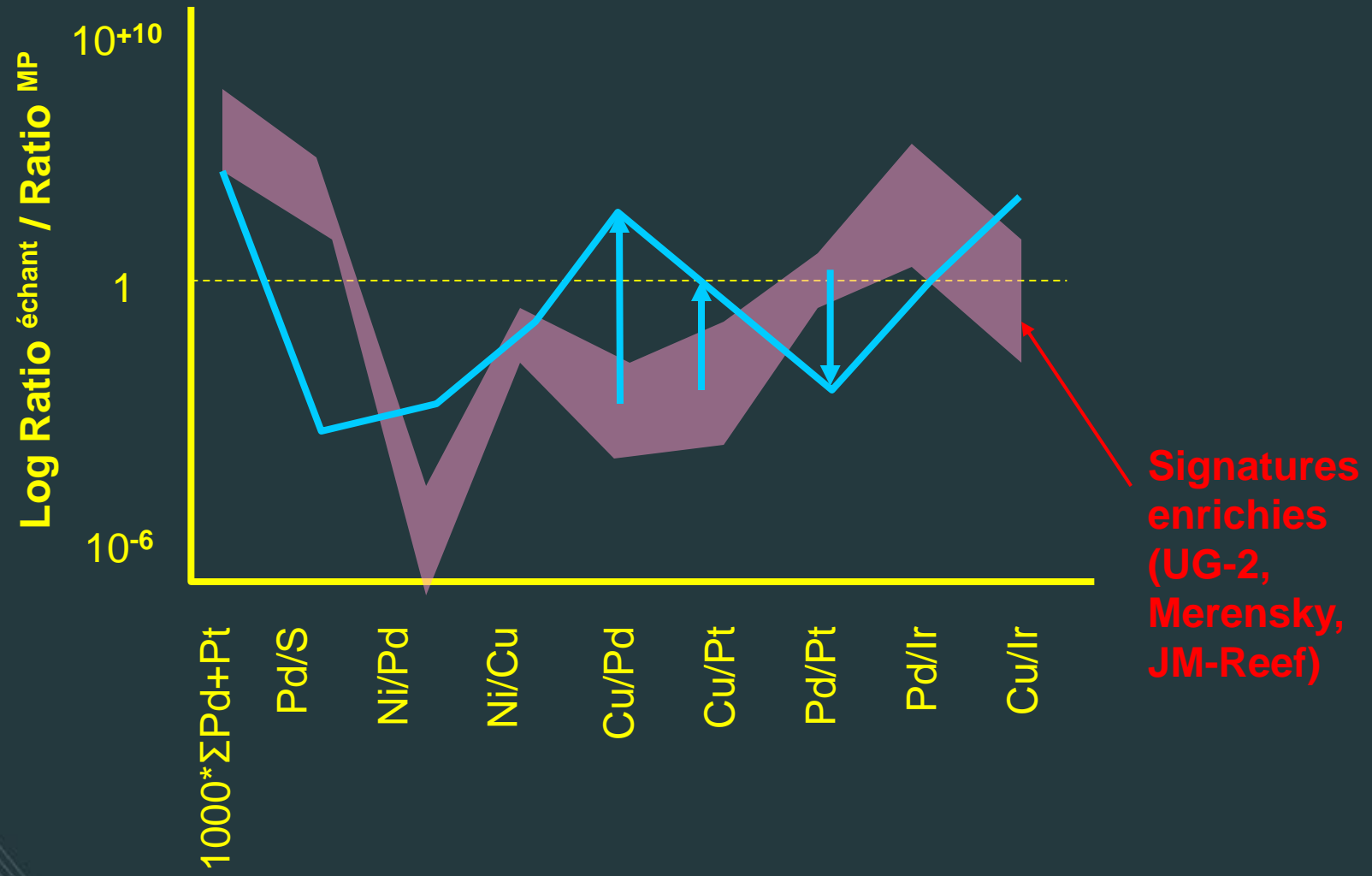


## Roches Appauvries (Résidu Réfractaire en P-EGP)



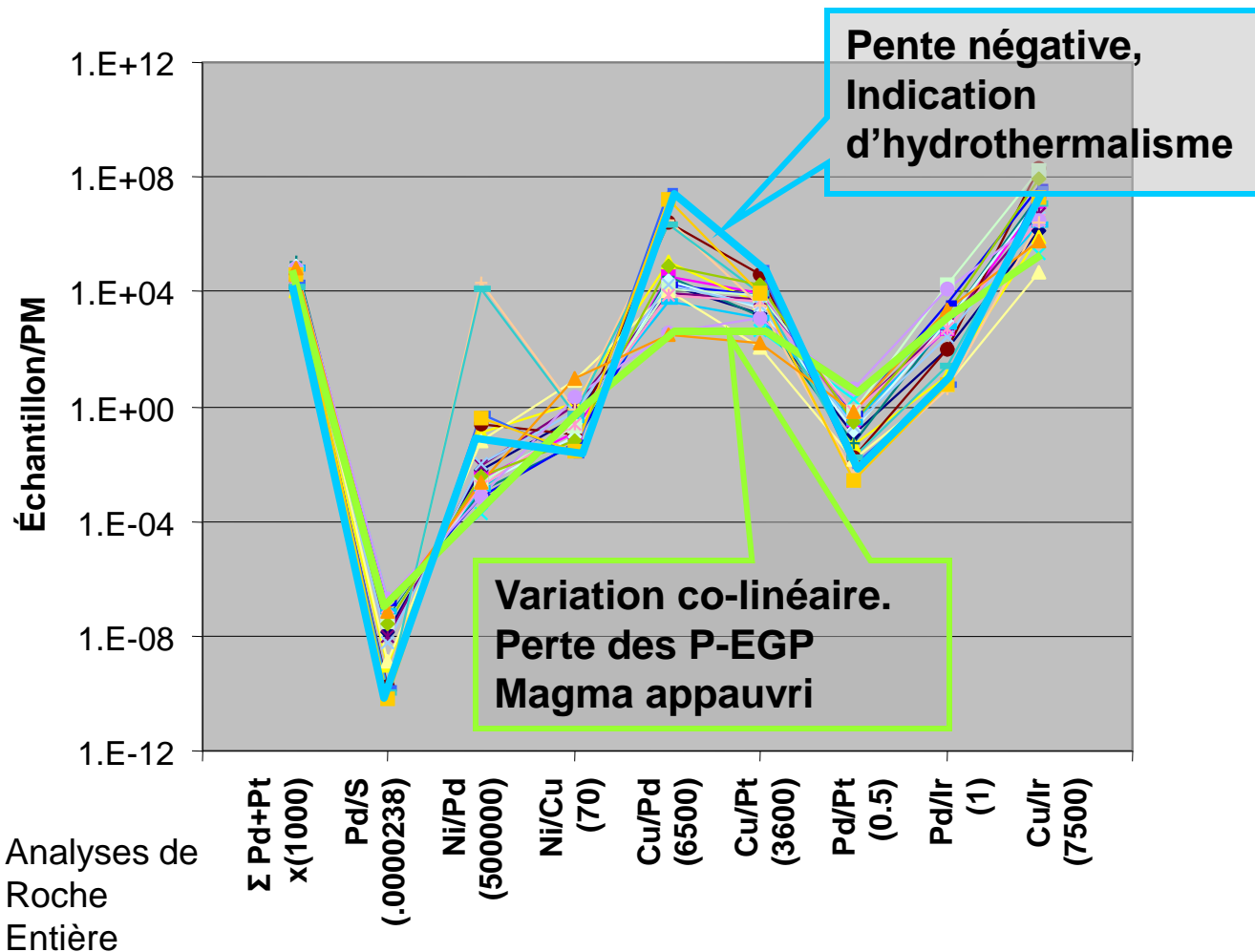


# Hydrothermalisme de haute température

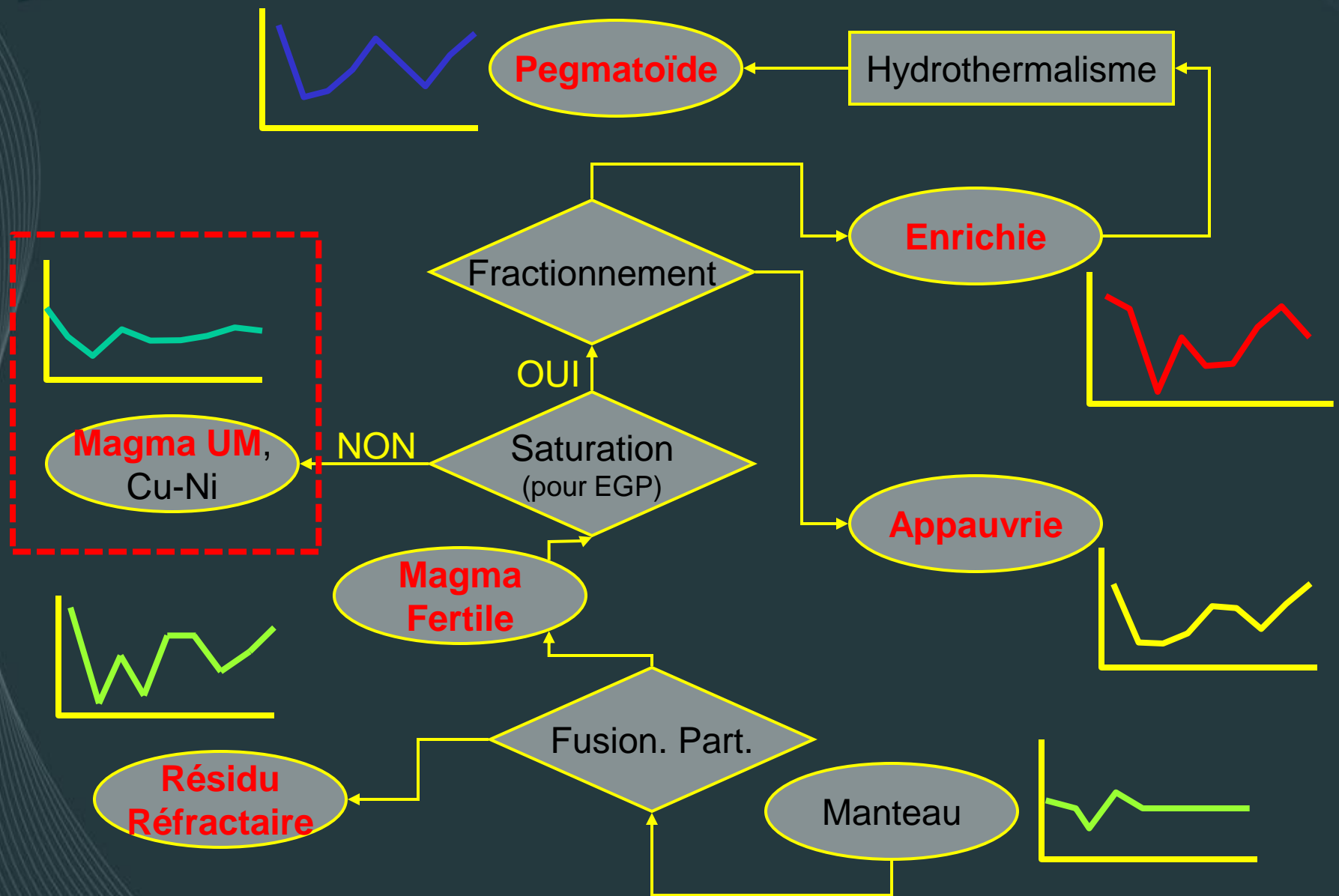


# Exemple: Montcalm

**Ratio-Arachnide EGP**  
 (Barrie et Naldrett, 1990, Can. Miner., Vol. 28, pp.451)



Analyses de  
 Roche  
 Entière



## RA-EGP-Ni

1. Le RA-EGP ne permet pas de définir le potentiel pour les gisements Ni-Cu
2. Ajout d'un ratio permettant de palier à ce manque, tout en préservant l'évaluation du potentiel en EGP.

## RA-EGP-Ni

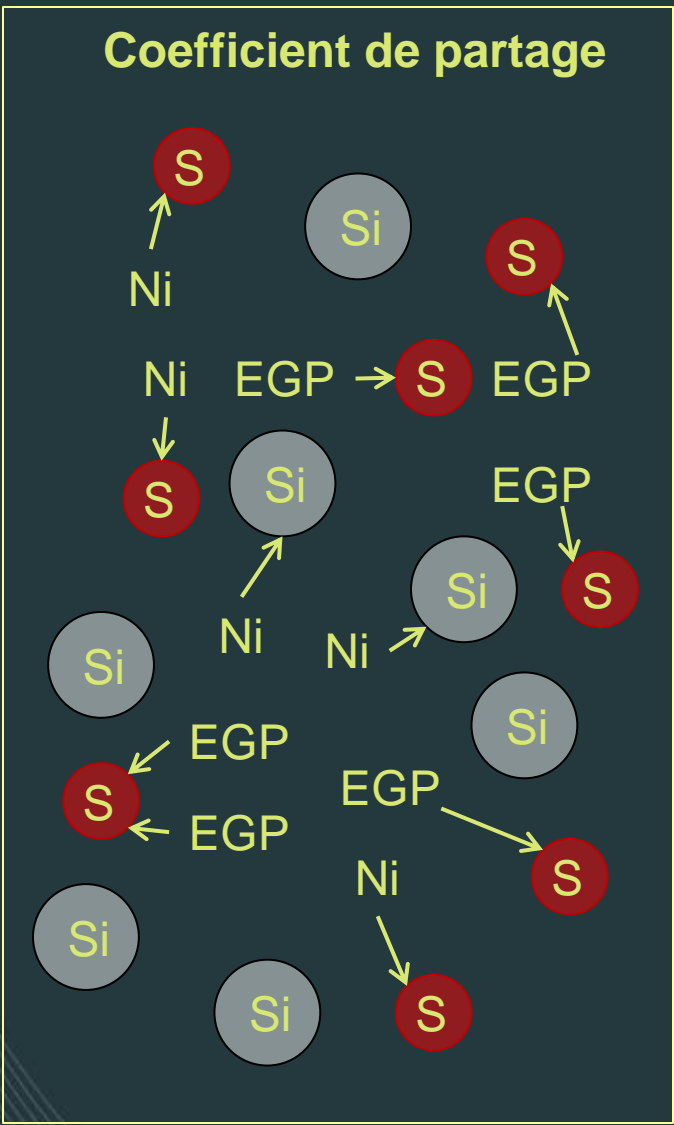
- Les EGP ont un coefficient de partage entre les sulfures et les silicates plus élevé que le nickel et le cuivre
- Le liquide silicaté à partir duquel les sulfures ont ségrégué sera donc appauvri en EGP.
- La cristallisation et la ségrégation des sulfures entraîne un appauvrissement en EGP par rapport au Ni et Cu dans le magma silicaté.

## $\Sigma$ EGP / Ni+Cu

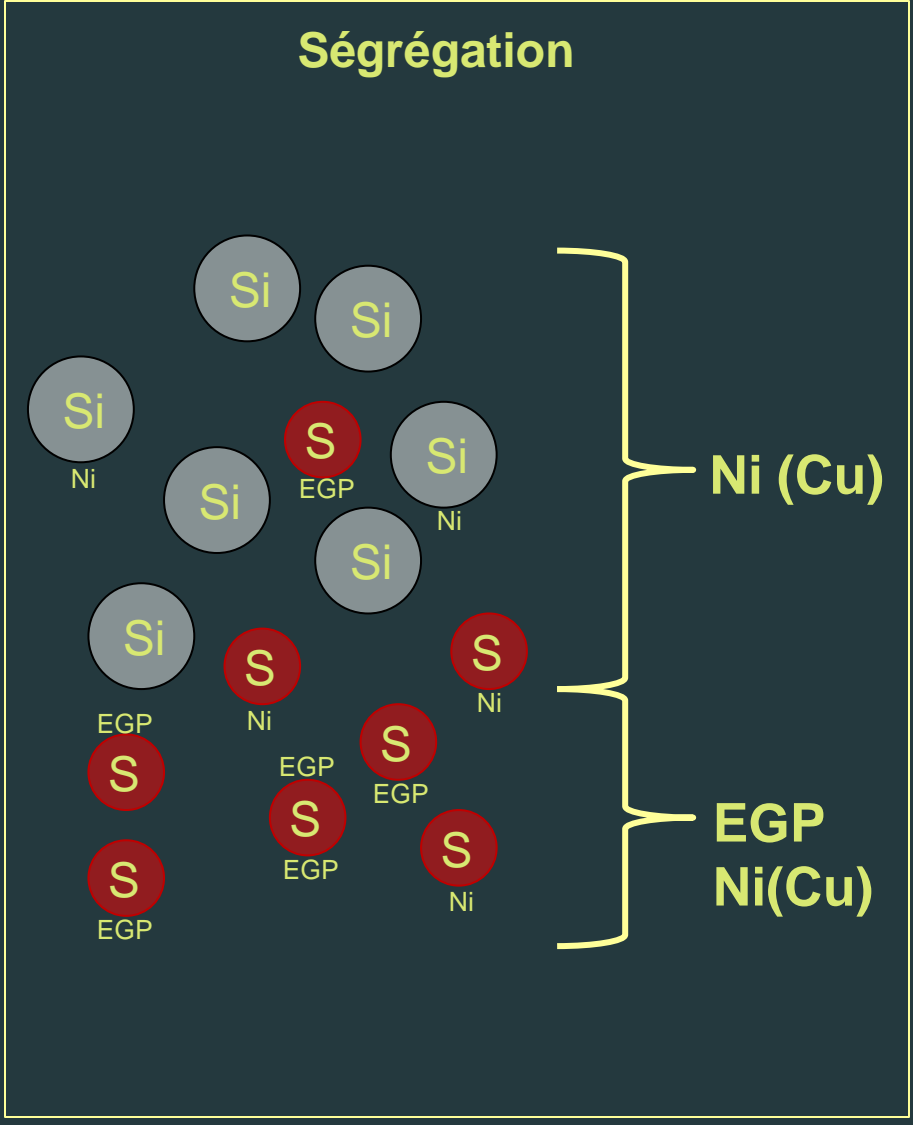
Source : Barnes et Lightfoot, 2005

# RA-EGP-Ni

## Coefficient de partage



## Ségrégation

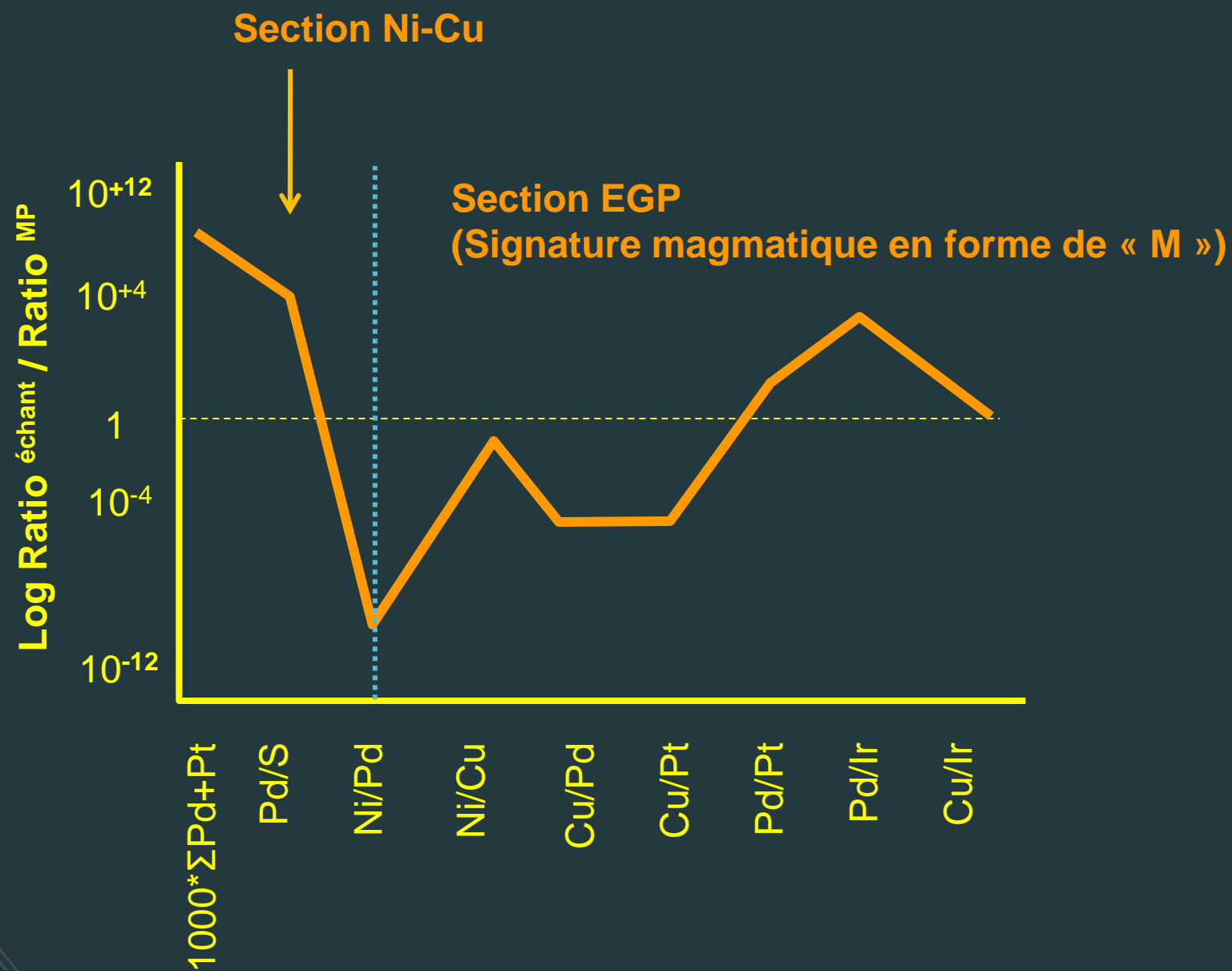




# RA-EGP-Ni

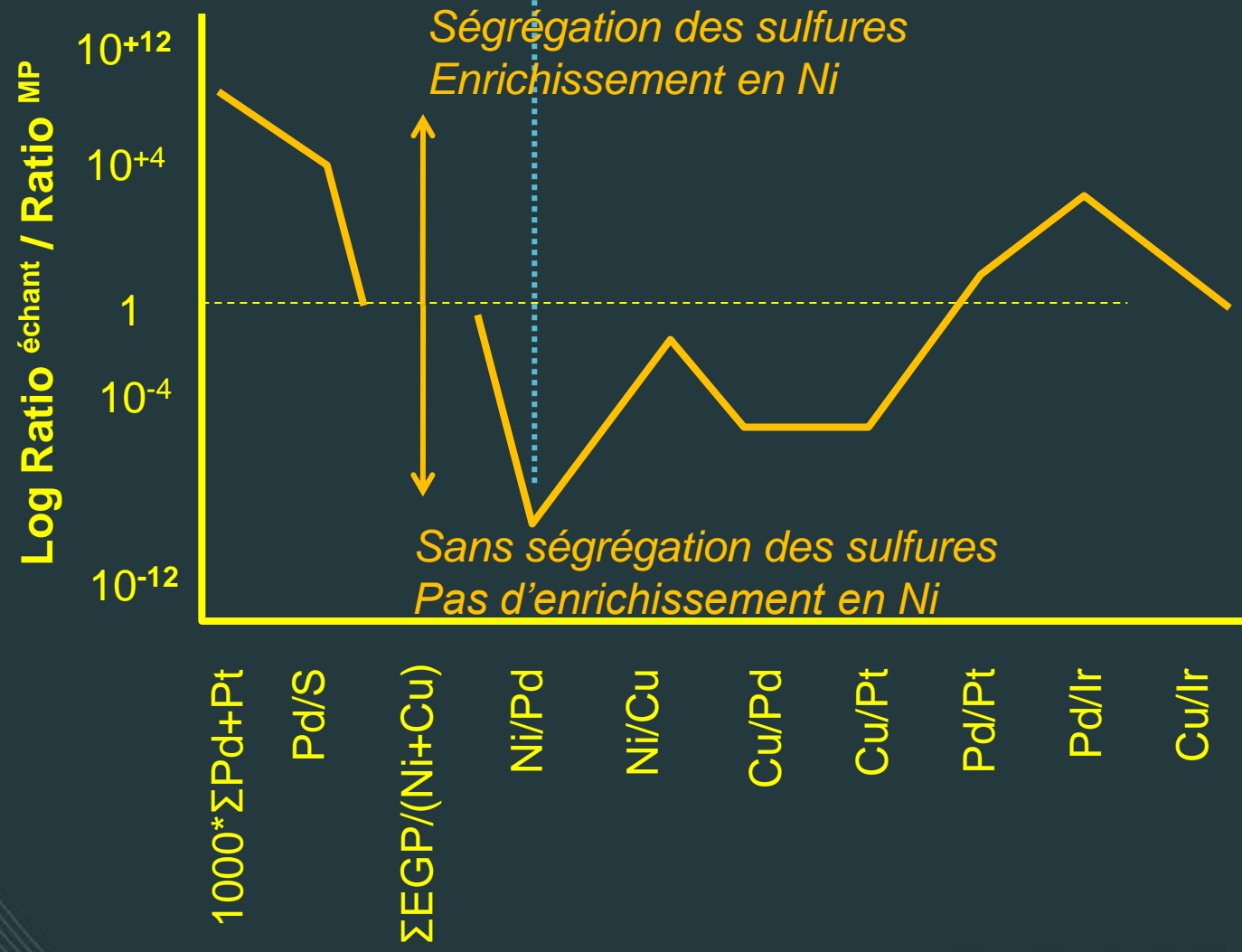
PARAMÈTRES	MÉTHODE DE NORMALISATION
1000*ΣPd+Pt	1000 x (Somme arithmétique Pt+Pd) en ppb
Pd/S	$[ Pd/S_{(échant)} / Pd/S_{(MP)} ]^2$ (0.000 023 8)
Ni/Pd	$[ 10 \times Ni/Pd_{(échant)} / Ni/Pd_{(MP)} ]^2$ (500 000)
Ni/Cu	$[ 0.1 \times Ni/Cu_{(échant)} / Ni/Cu_{(MP)} ]^2$ (70)
Cu/Pd	$[ Cu/Pd_{(échant)} / Cu/Pd_{(MP)} ]^2$ (6 500)
Cu/Pt	$[ Cu/Pt_{(échant)} / Cu/Pt_{(MP)} ]^2$ (3 600)
Pd/Pt	$[ Pd/Pt_{(échant)} / Pd/Pt_{(MP)} ]^2$ (0.5)
Pd/Ir	$[ Pd/Ir_{(échant)} / Pd/Ir_{(MP)} ]^2$ (1)
Cu/Ir	$[ Cu/Ir_{(échant)} / Cu/Ir_{(MP)} ]^2$ (7 500)
ΣEGP/(Ni+Cu)	$[ 4,27 \times 10^{-8} (((Pd+Pt+Ir) / (Ni+Cu)) / ((Pd+Pt+Ir) / (Ni+Cu))_{(MP)}) ]^2$

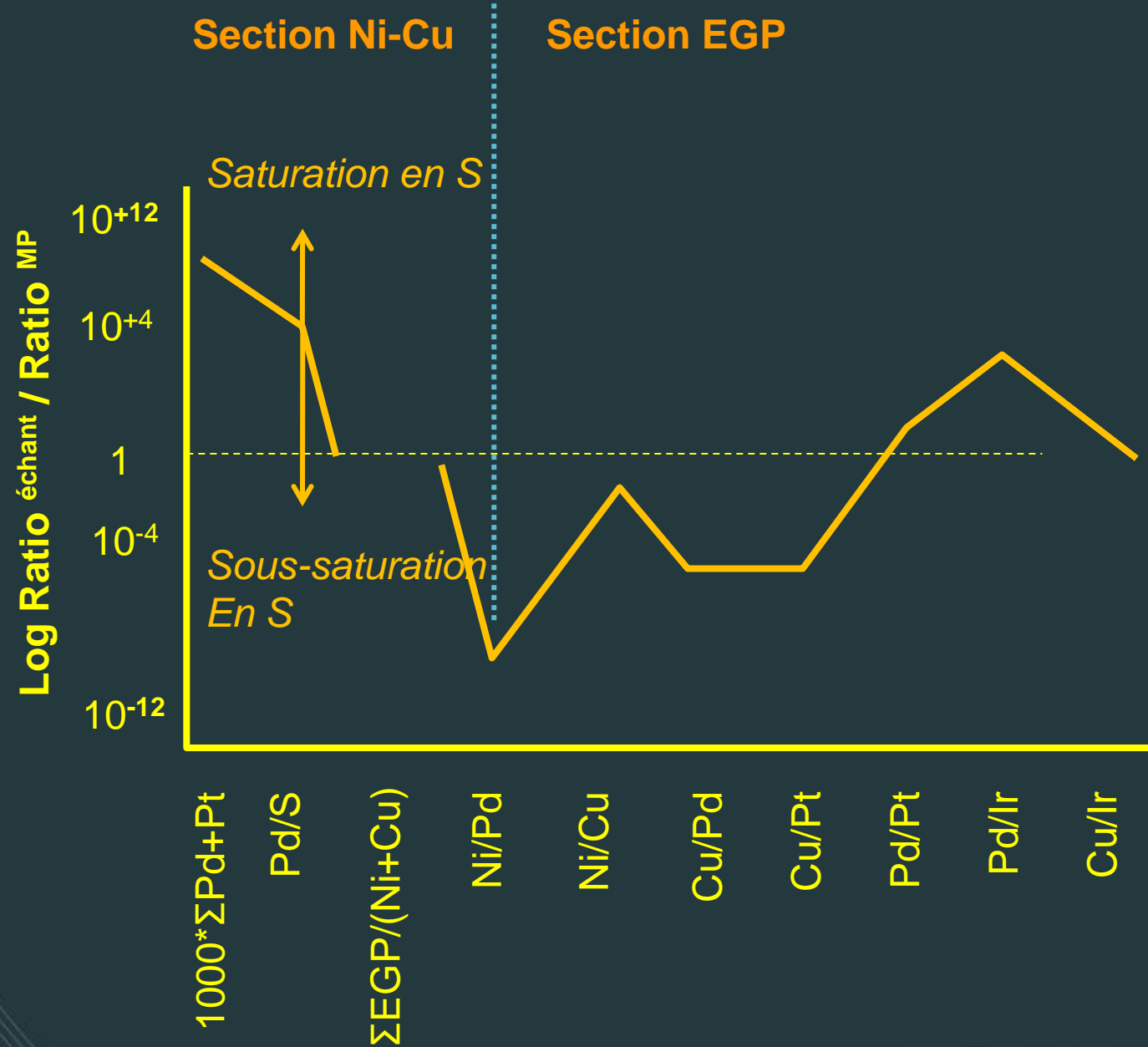
Pt, Pd et Ir en ppb. Ni, Cu et S en ppm.



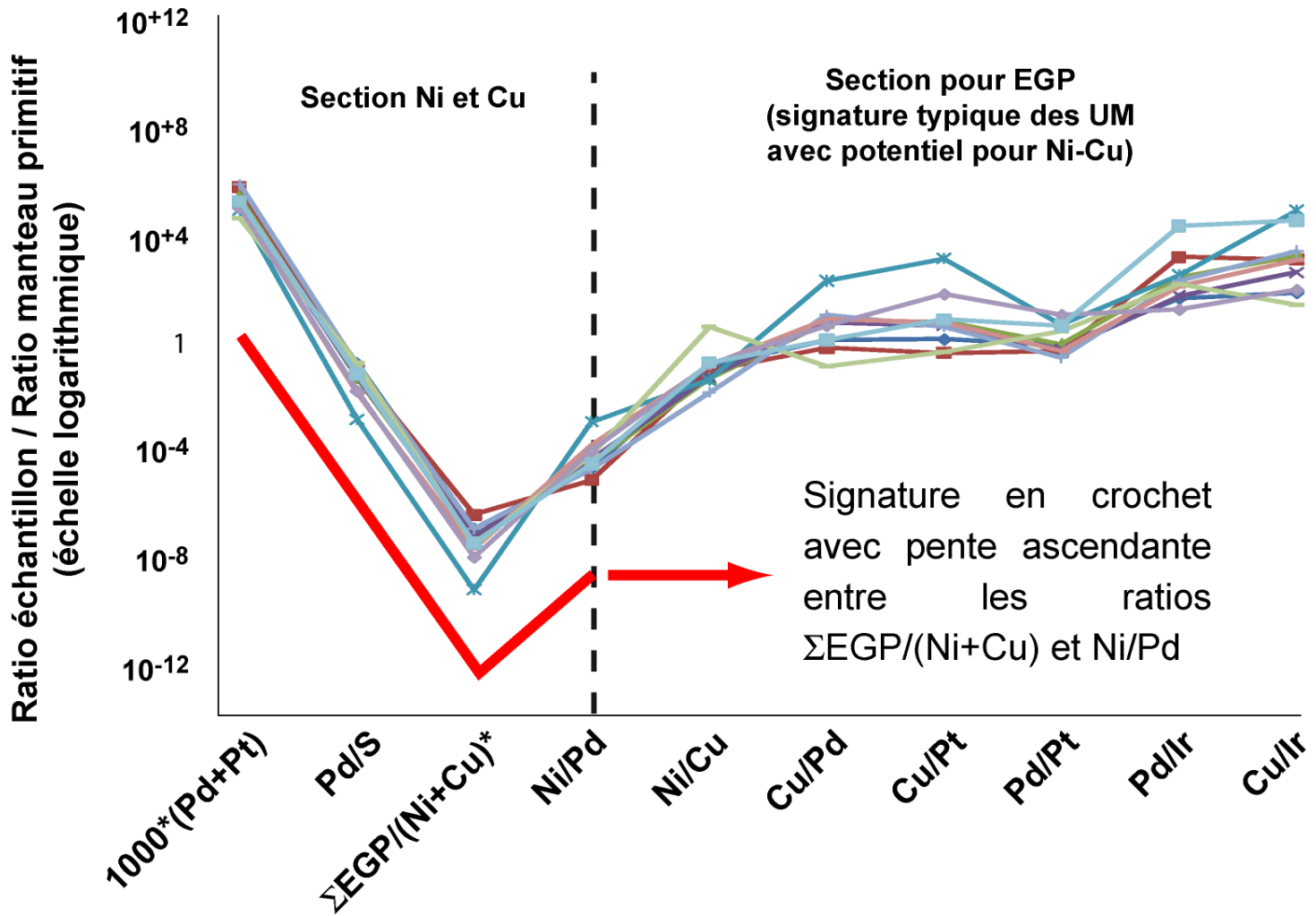
**Section Ni-Cu**

**Section EGP**

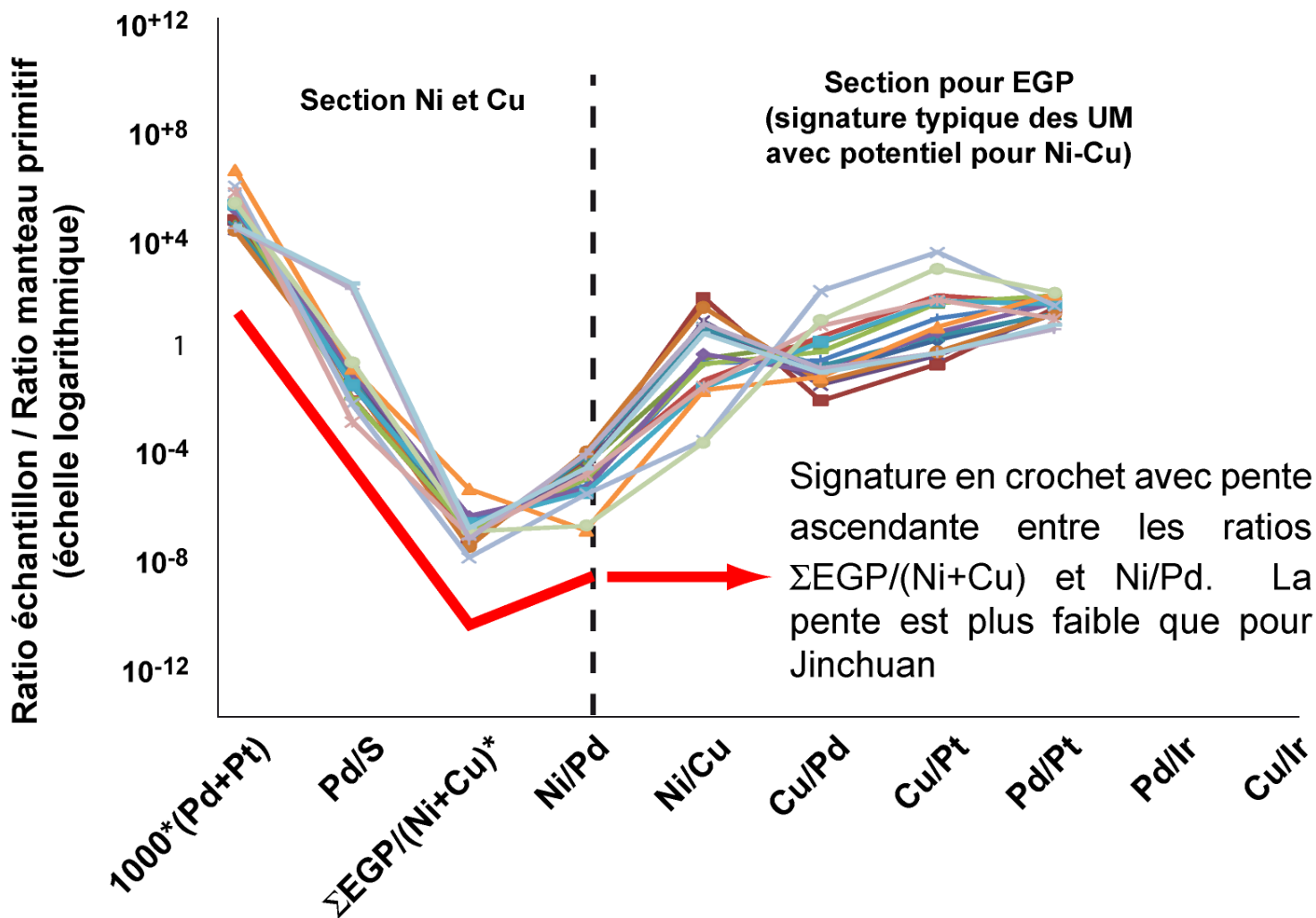




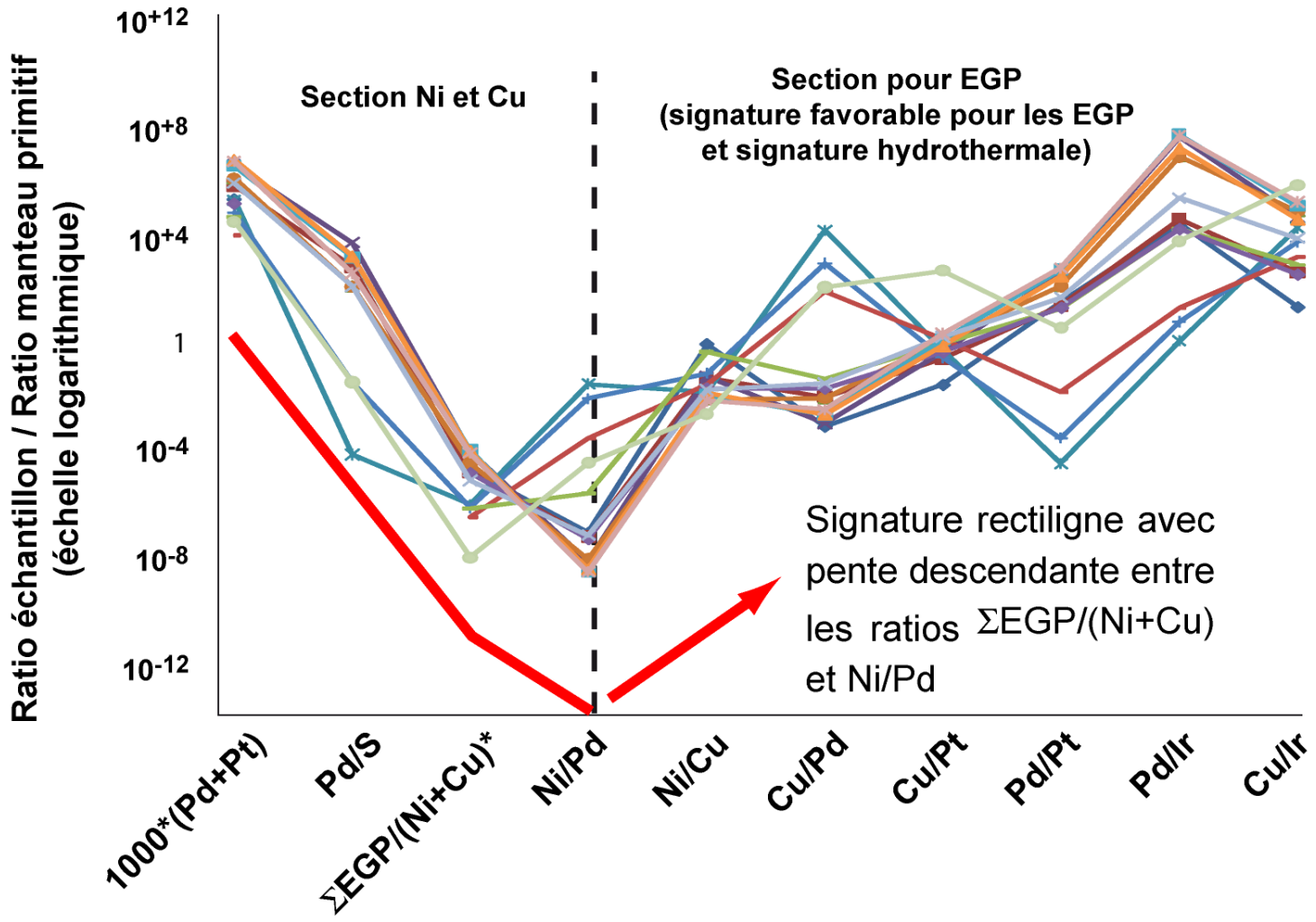
Exemple 1 - Jinchuan (515 Mt, 1,06% Ni, jusqu'à 1 ppm EGP; Eckstrand, 1996)



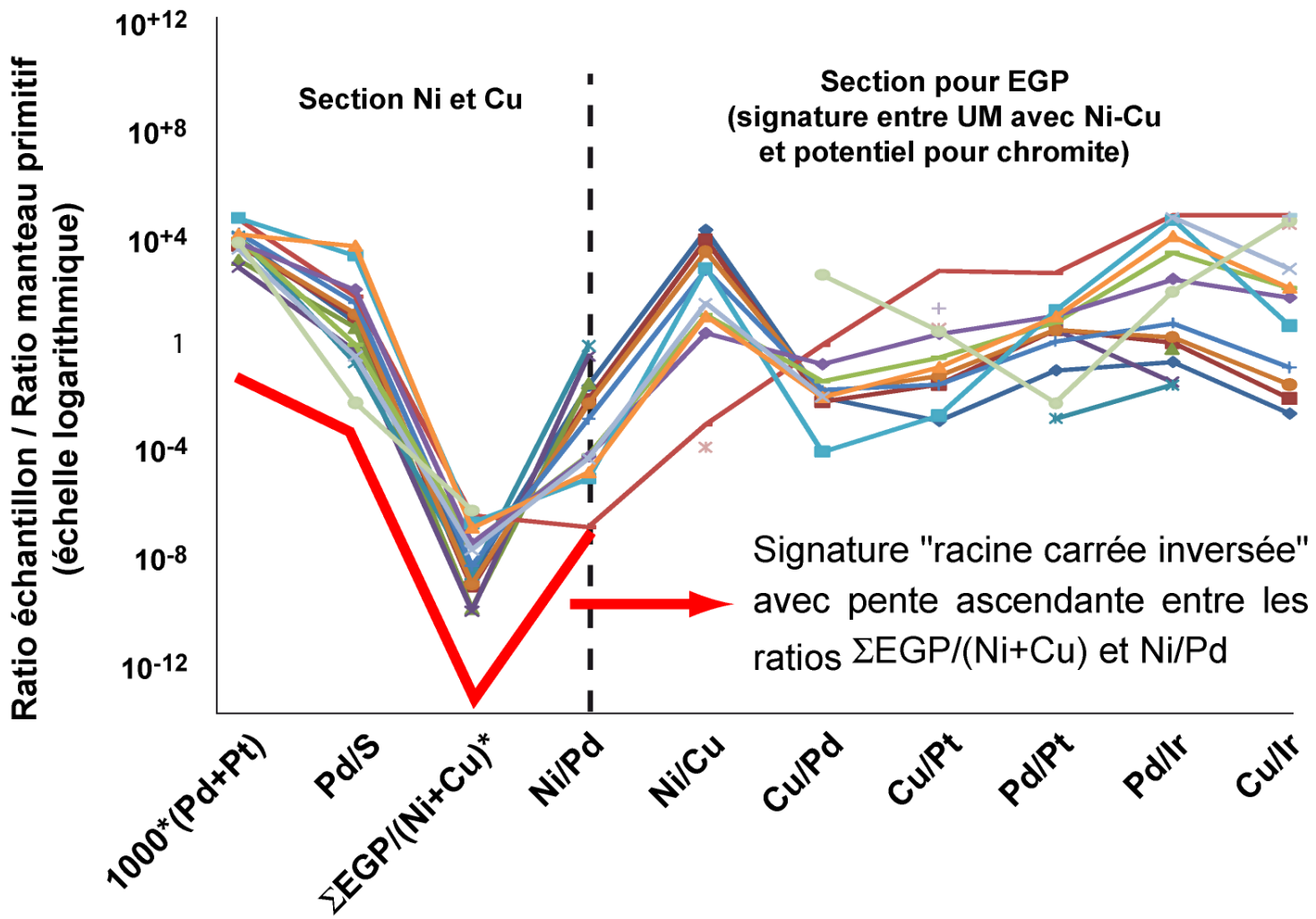
### Exemple 2 - Lac Bleu (0,337 Mt, 0,7% Ni et 1,06% Cu; Clark, 1989)



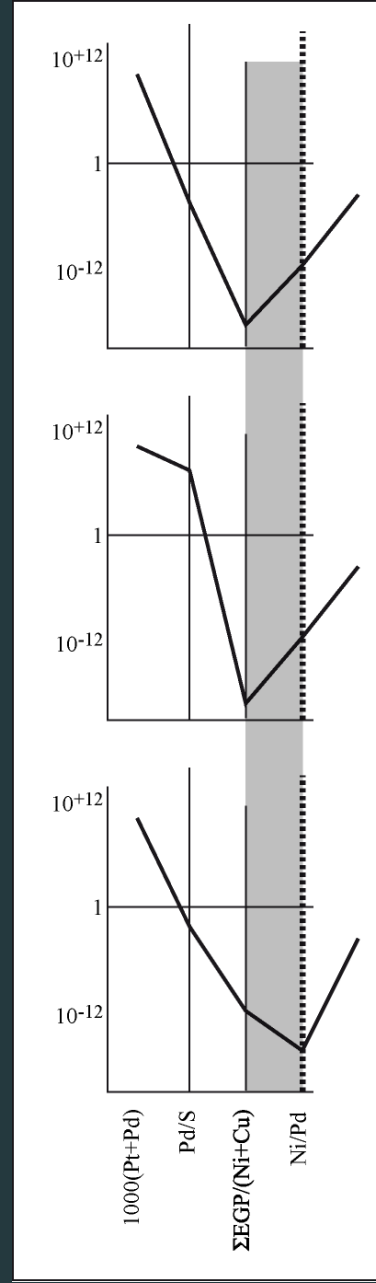
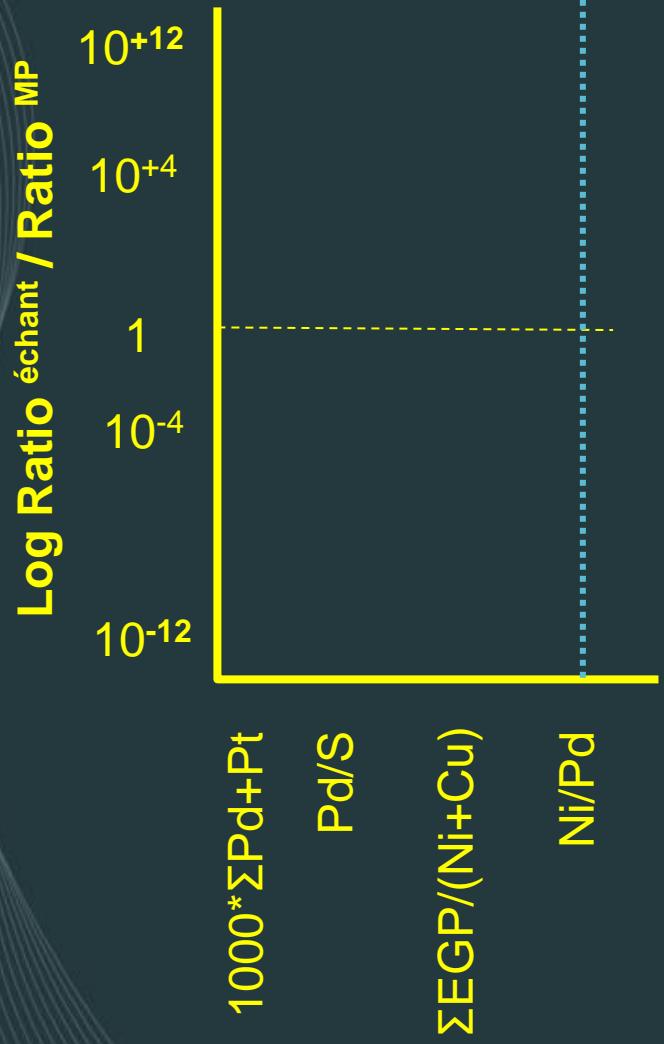
### Exemple 3 - Lac des Iles (Gisement de Pd; Brüggmann et al., 1989)



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







Fort potentiel pour sulfures Ni-Cu.

Faible potentiel pour sulfures Ni-Cu.  
(pas assez de soufre)

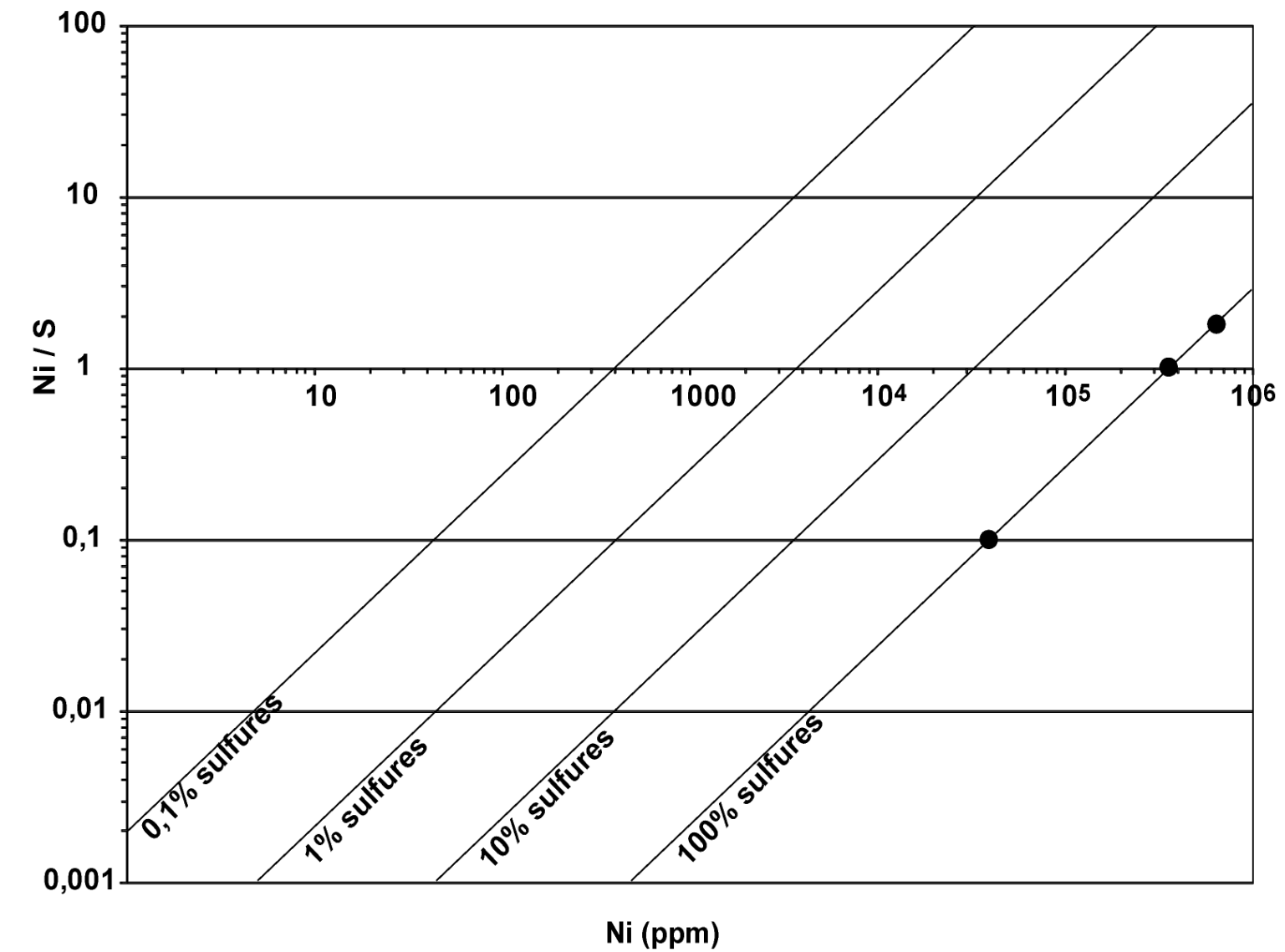
Faible potentiel pour sulfures Ni-Cu.  
(pas assez de nickel)

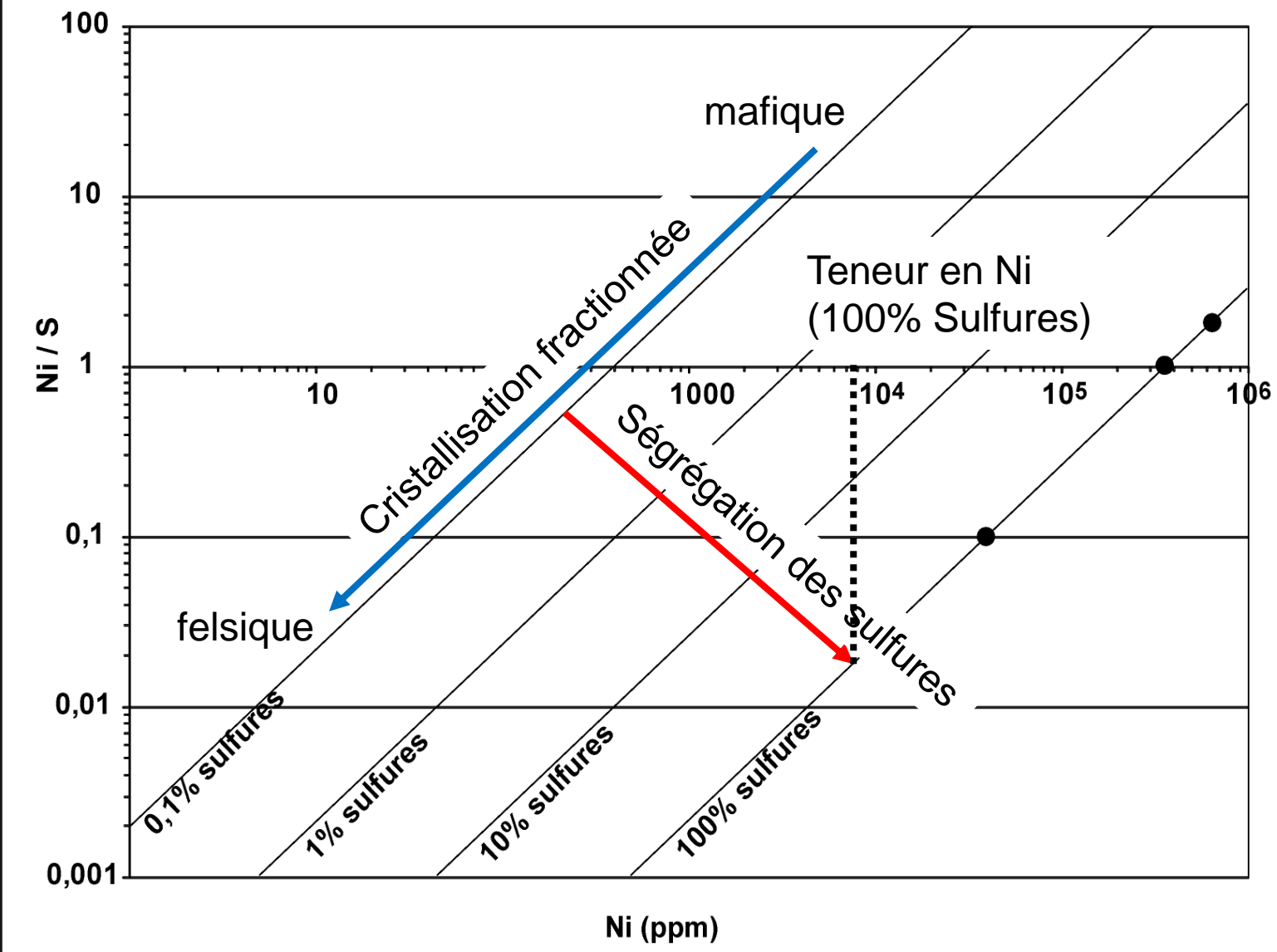
## Graphique Ni vs Ni/S

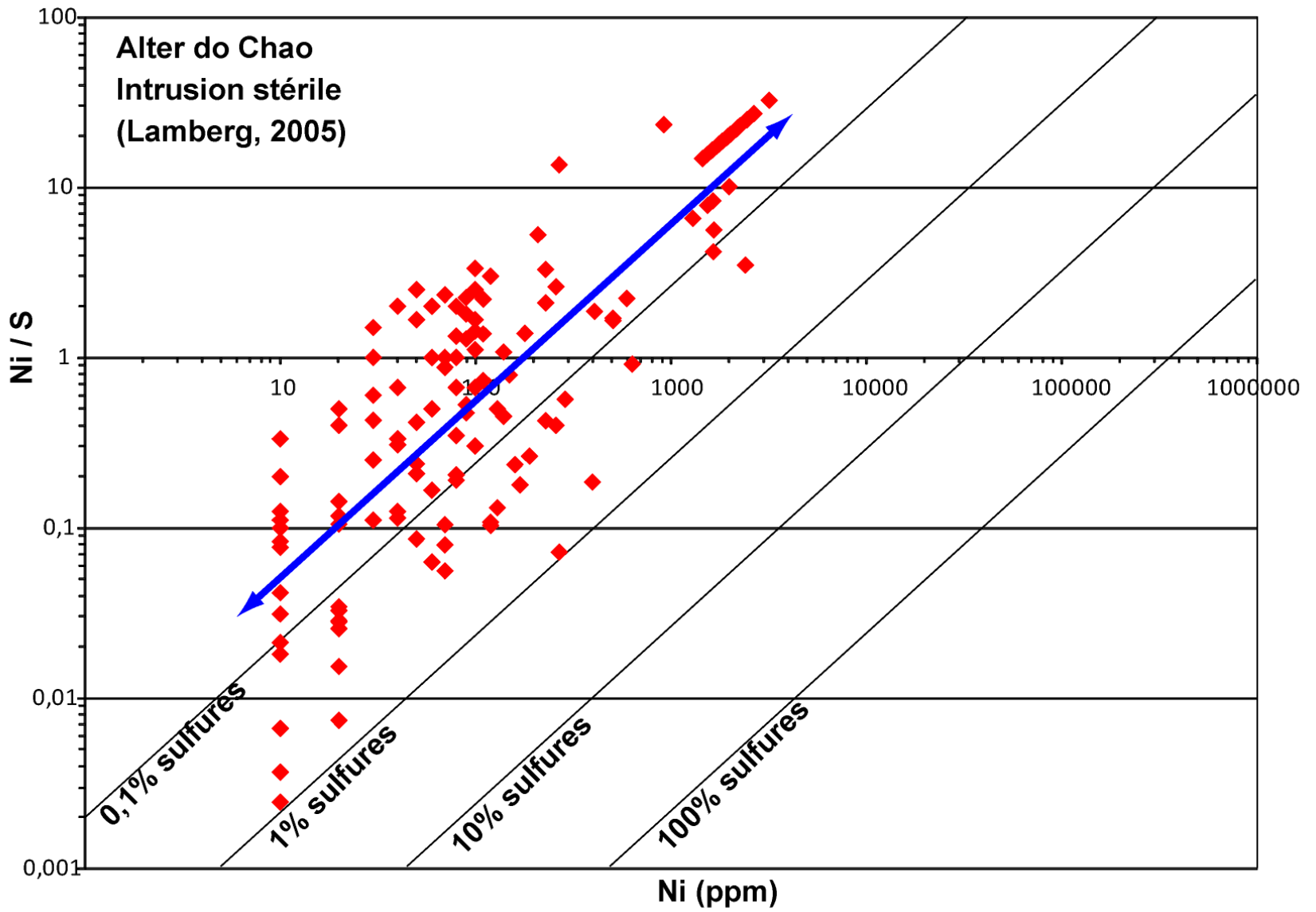
1. Pour avoir un gisement de sulfures de Ni, l'intrusion doit être enrichie en Ni
2. Pour avoir un gisement de sulfures de Ni, l'intrusion doit être contaminée en S

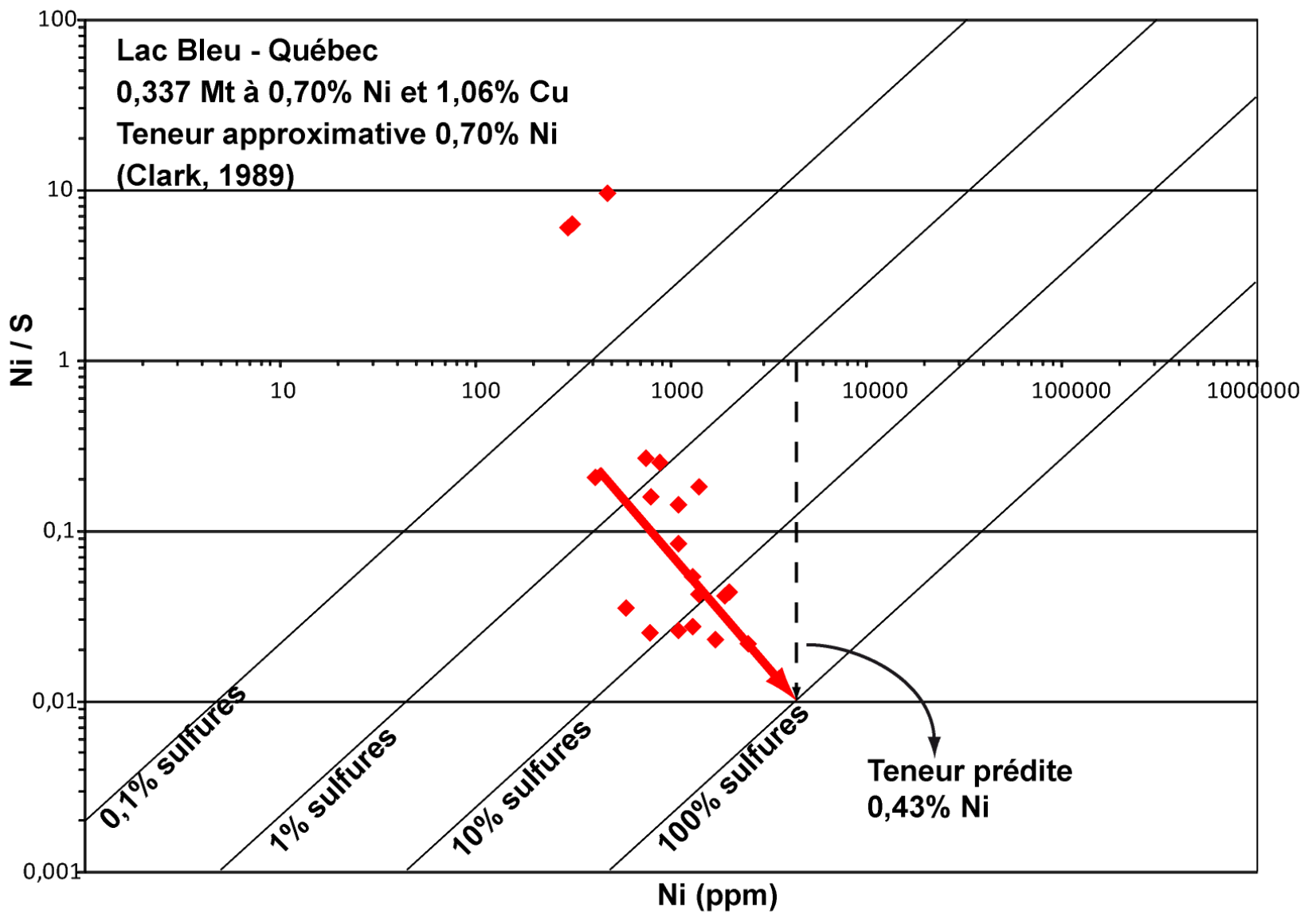
Si on a 1, mais pas 2, le Ni se retrouve dans les silicates (olivine et pyroxène)

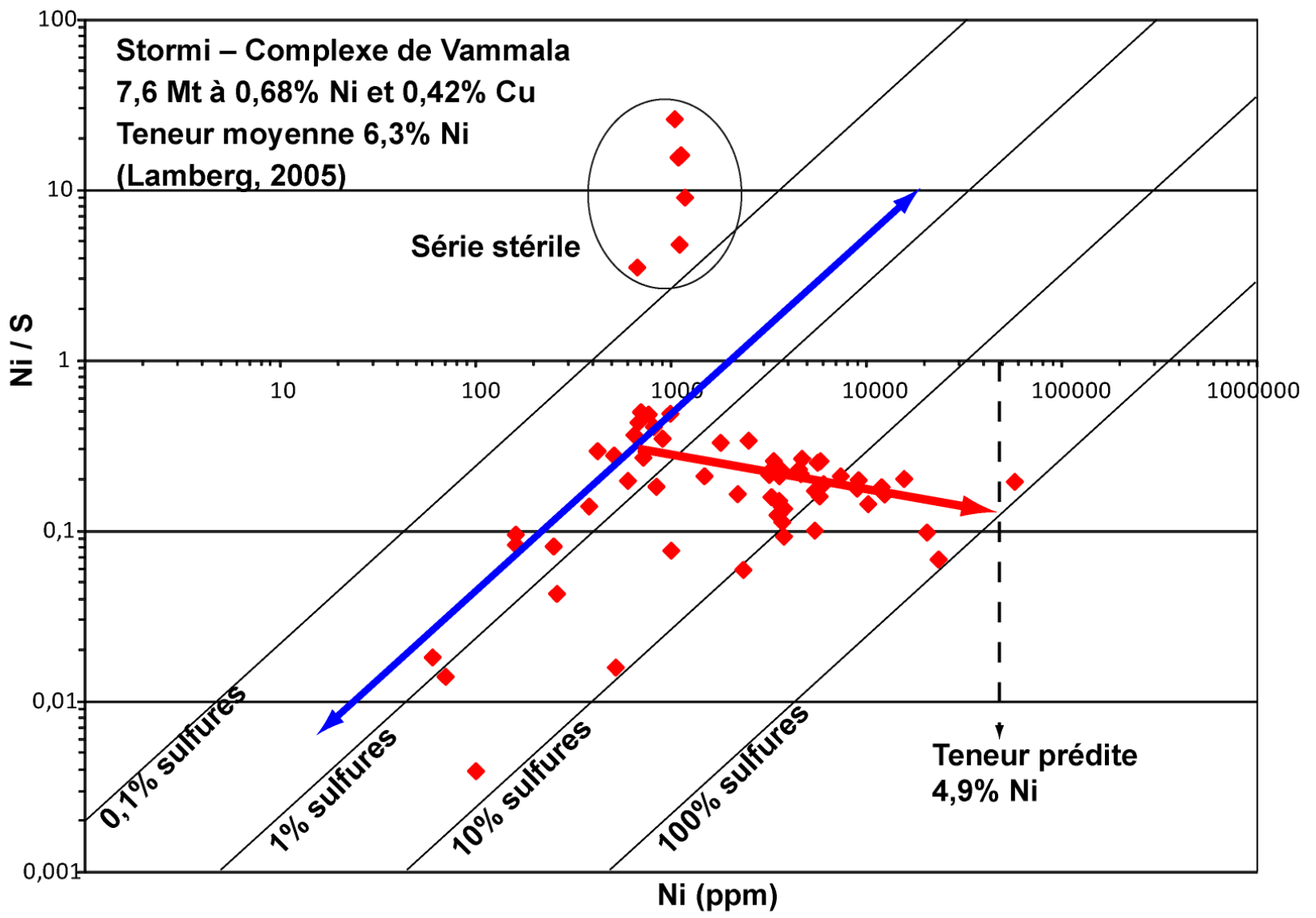
→ Notion du Coefficient de partage











## Graphique Ni vs Ni/S

Les exemples suivants impliquent

Échantillonnage important (nb échantillons)

Échantillonnage transversale au litage

Quoi faire avec seulement quelques échantillons ?

Quelle est l'influence de la lithologie ?

→ Mise à contribution des éléments majeurs



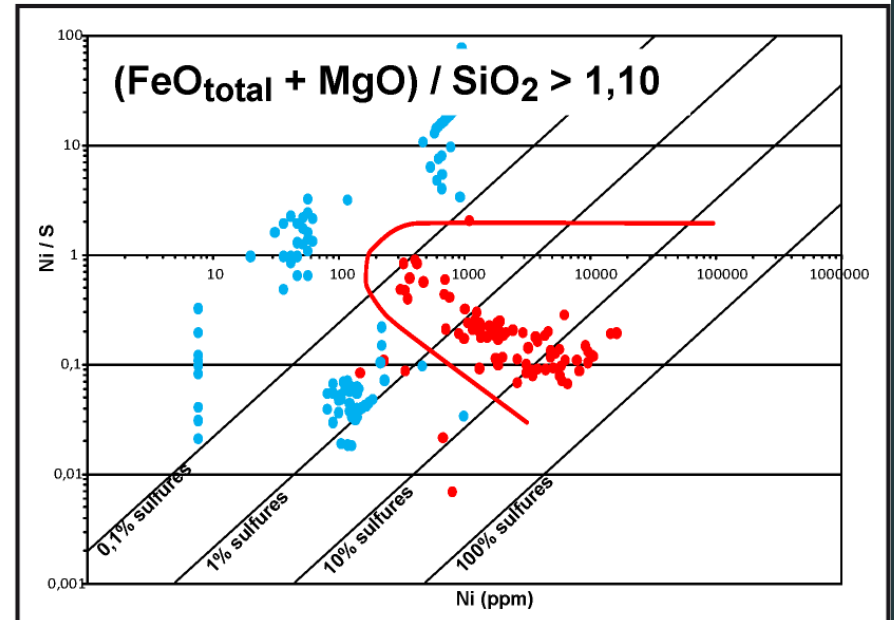
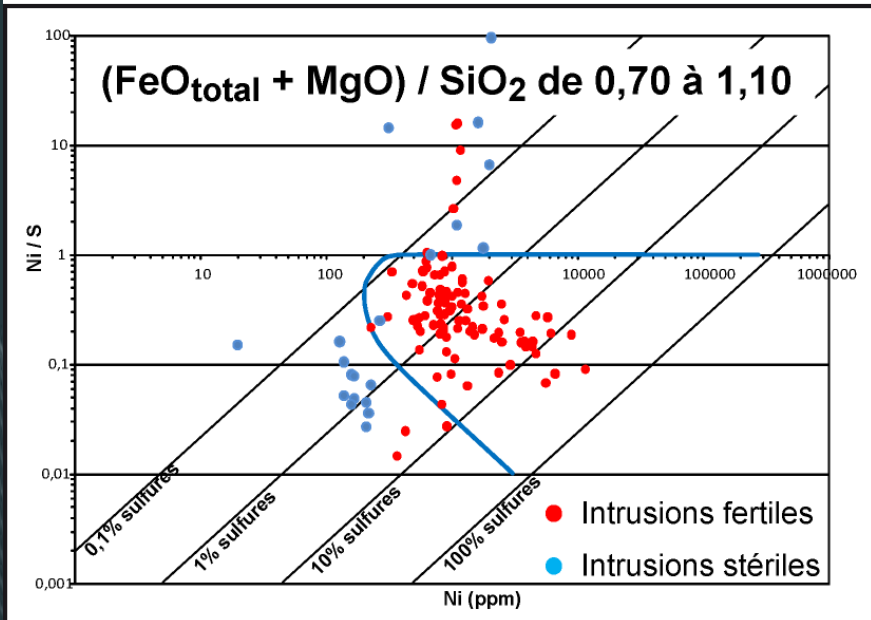
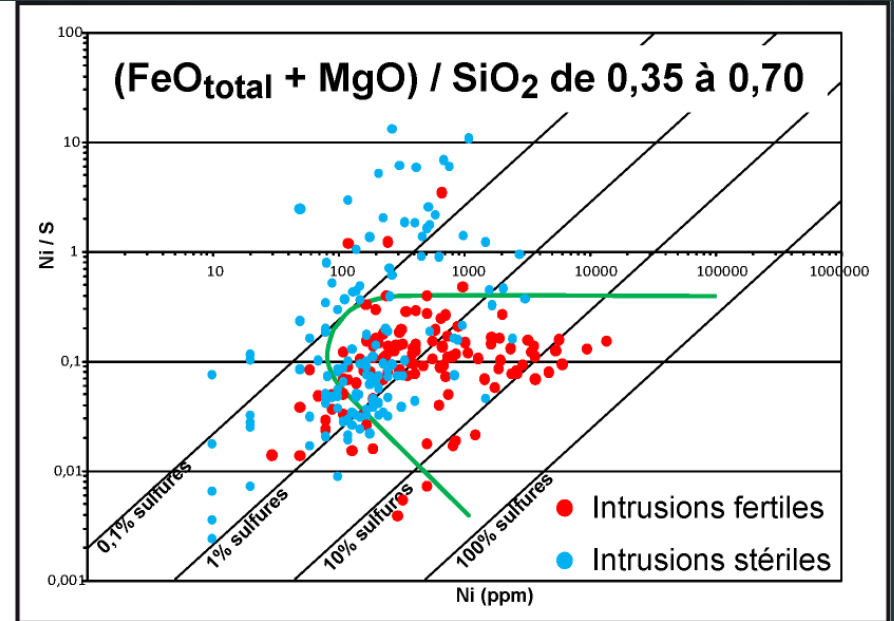
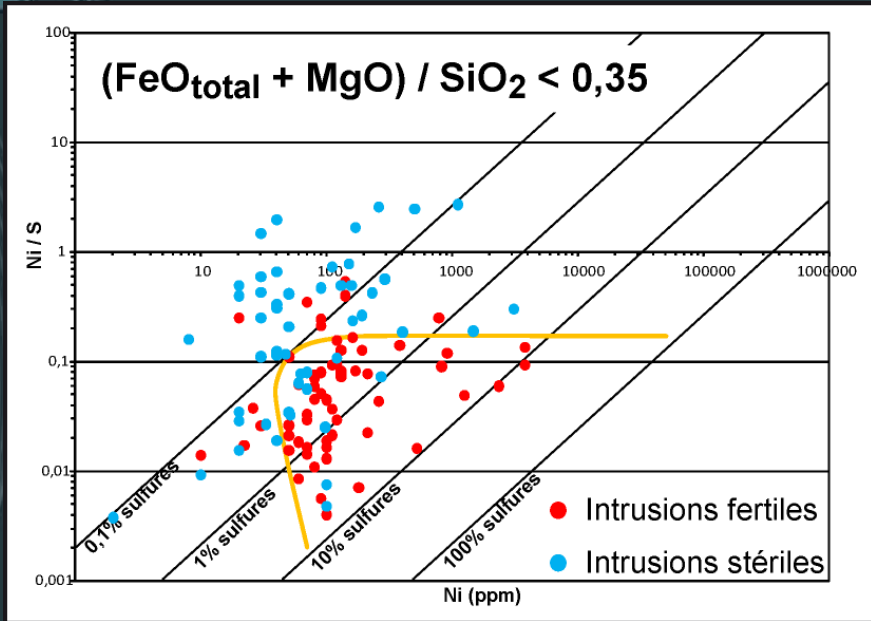
## Graphique Ni vs Ni/S

Caractère mafique de l'échantillon (CM)

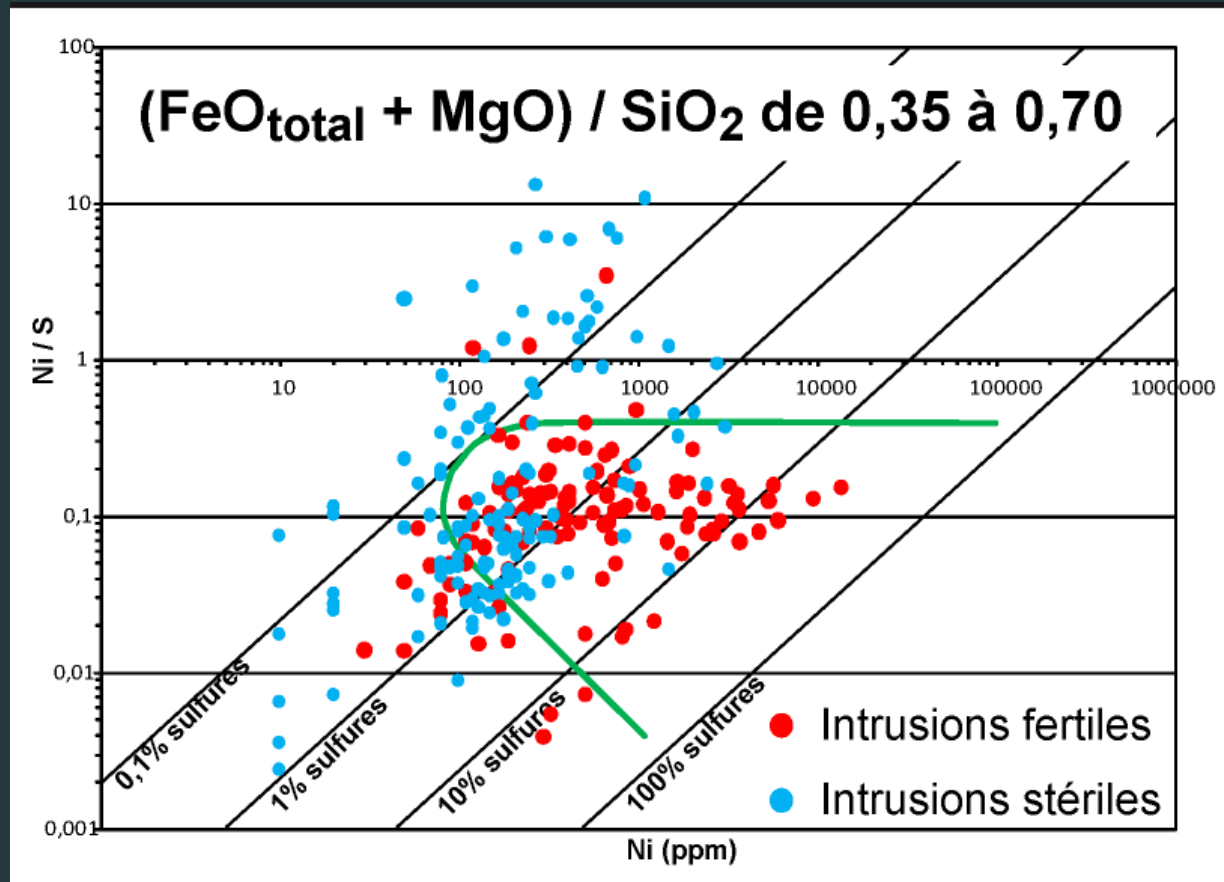
$$CM = (\text{FeO}_{\text{total}} + \text{MgO}) / \text{SiO}_2$$

Divisé en quatre classe (pour les échantillons de 32 sites)

« felsique »	< 0,35	n=110
« intermédiaire »	0,35 à 0,70	n=265
« mafique »	0,70 à 1,10	n=158
« ultramafique »	> 1,10	n=199



# Graphique Ni vs Ni/S - efficacité



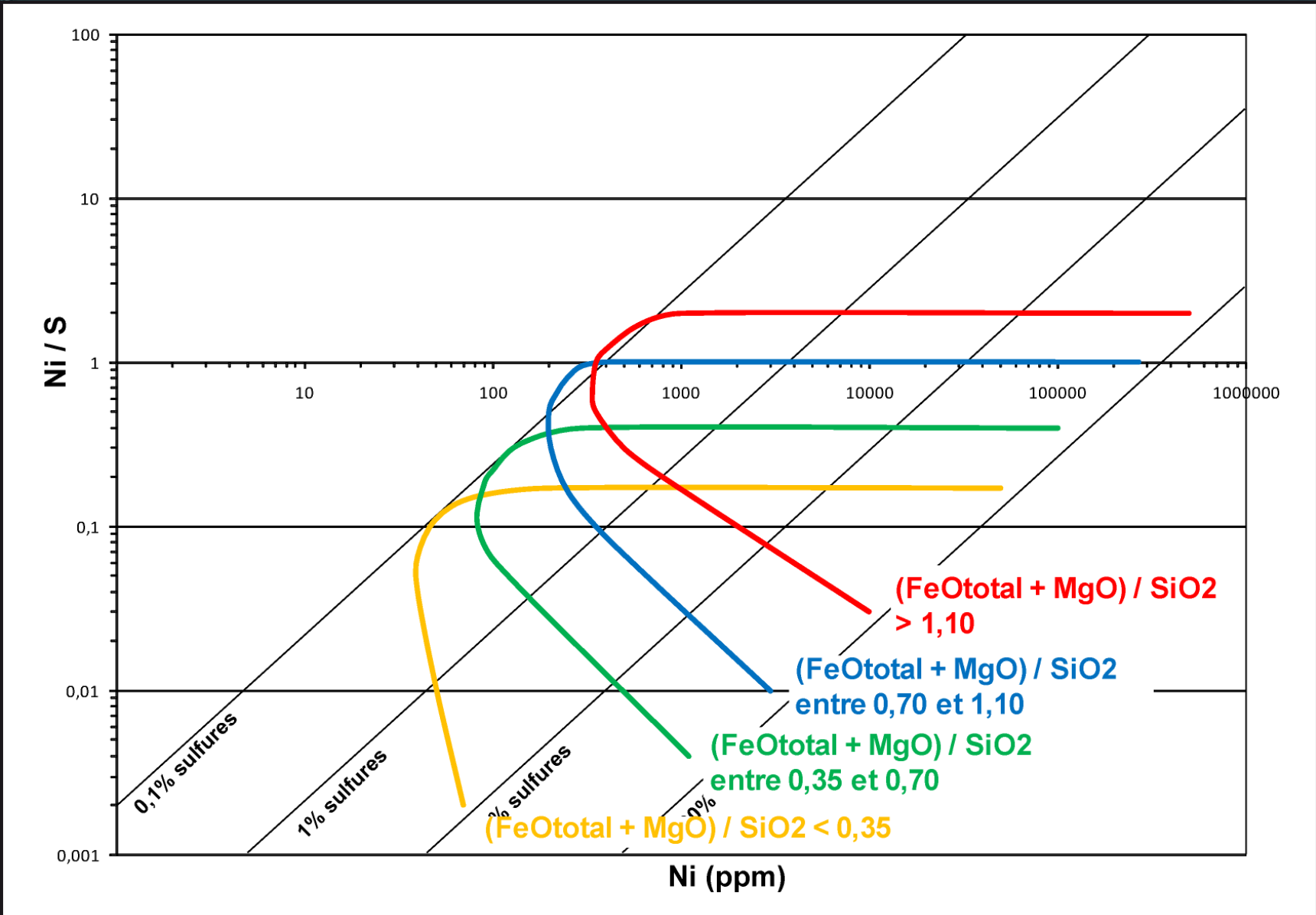
Échantillons connus comme fertiles : 116

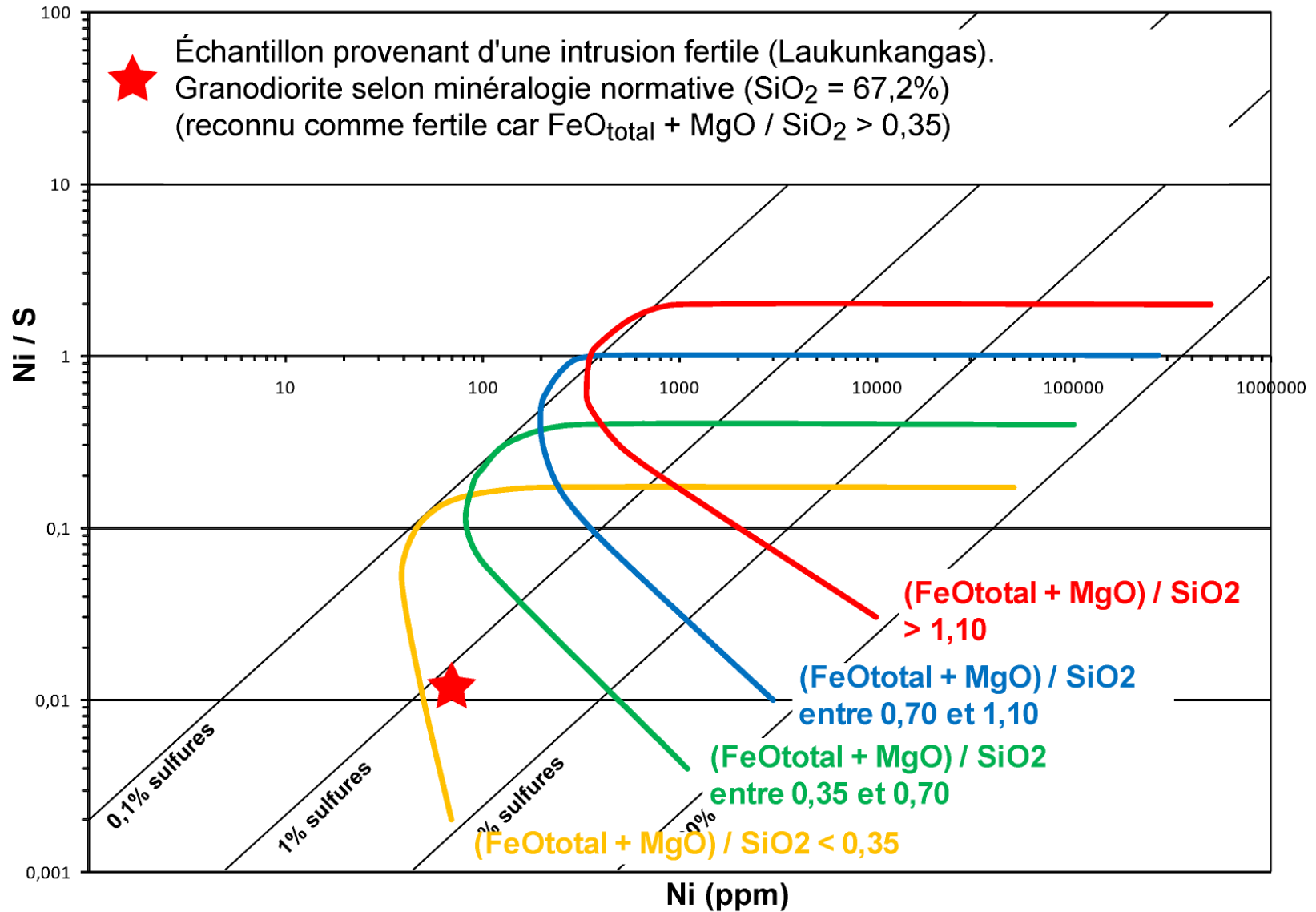
Échantillons reconnus comme fertiles : 96

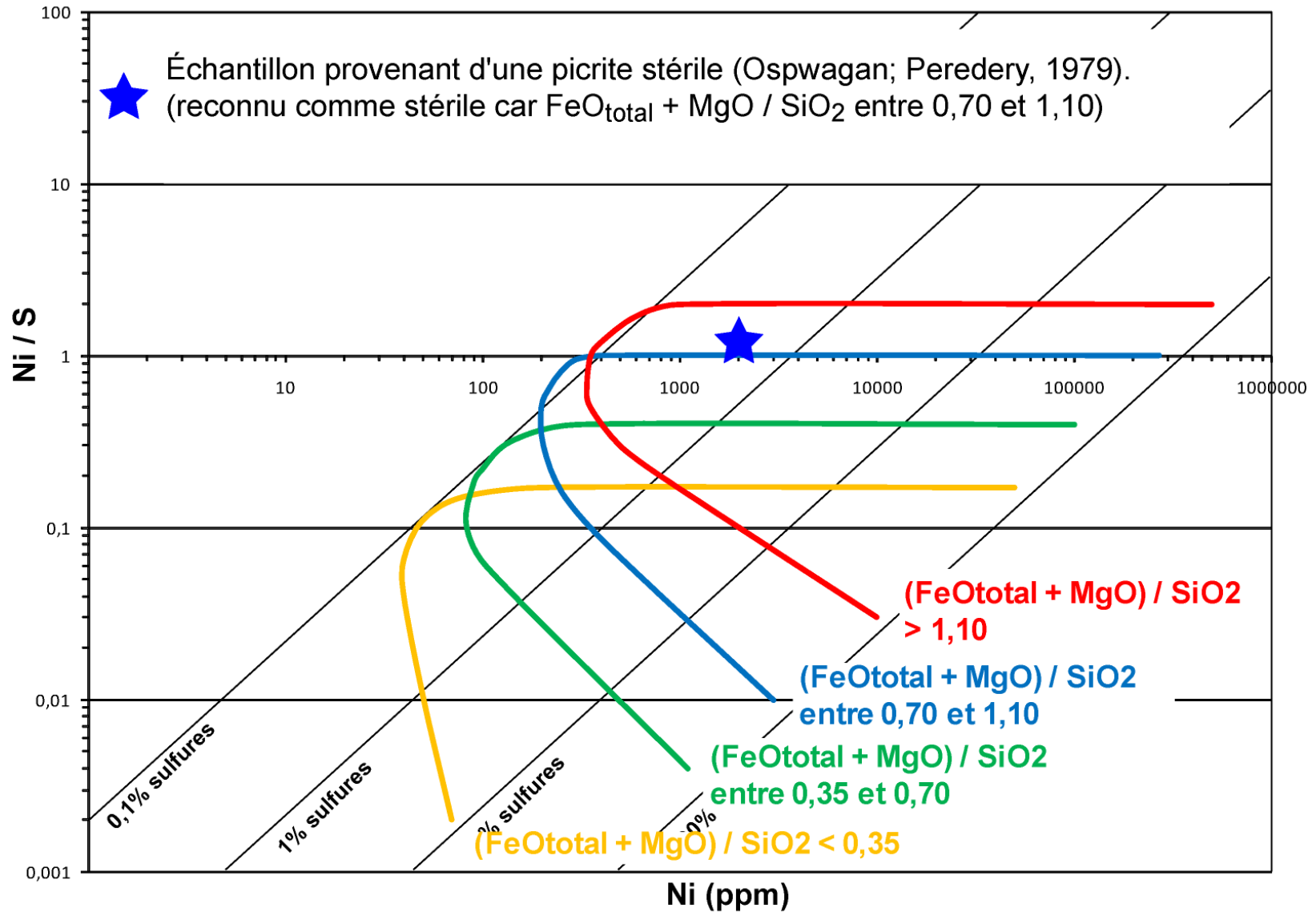
Succès =  $96/116 = 83\%$

# Graphique Ni vs Ni/S - Efficacité

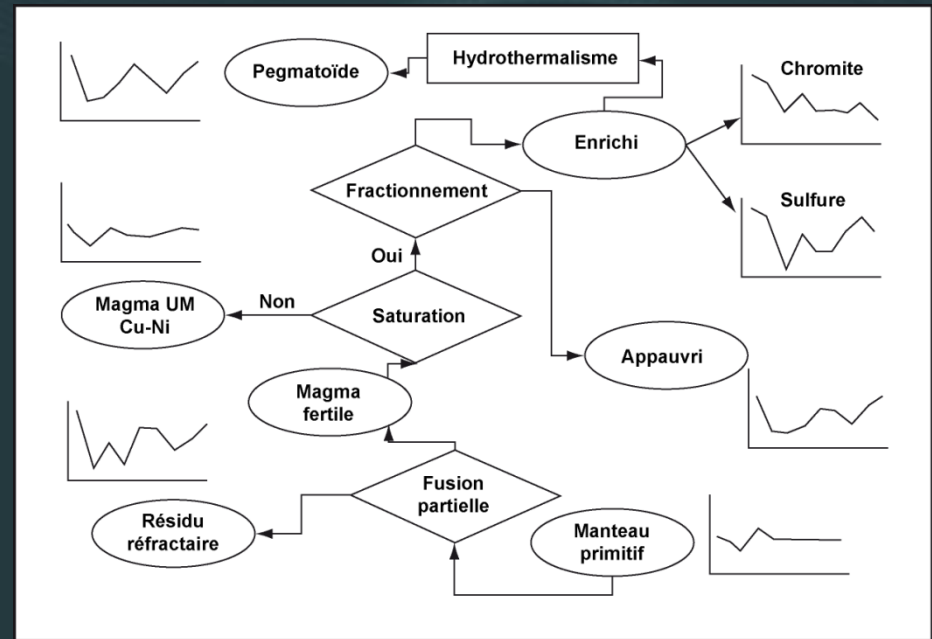
CM	Stérile			Fertile		
	Connu	Reconnu	Succès	Connu	Reconnu	Succès
< 0,35	52	41	79%	60	50	83%
0,35 à 0,70	132	85	65%	116	96	83%
0,70 à 1,10	24	17	71%	99	90	90%
> 1,10	116	116	100%	82	77	94%







# Synthèse



## 1. RA-EGP

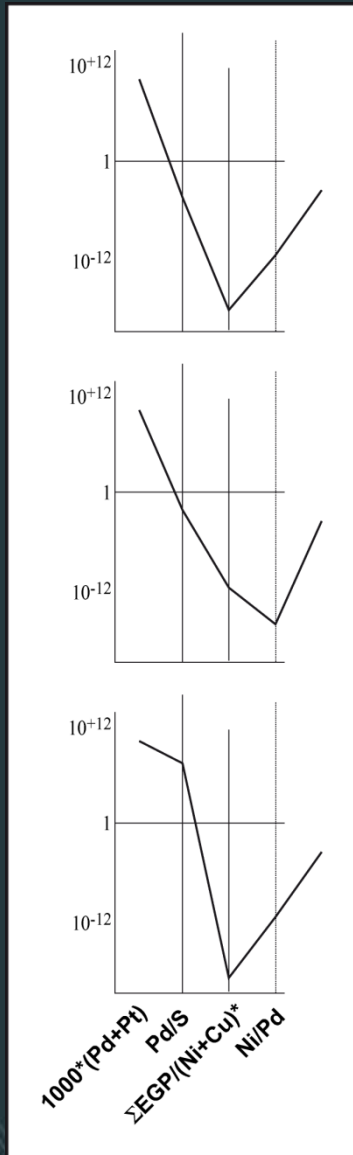
- i. Permet de d'évaluer le potentiel d'une intrusion M-UM pour une minéralisation en EGP
- ii. Nécessite des analyses en Pd, Pt, Ir, Cu, Ni et S
- iii. Tient compte des divers processus pétrogénétiques et hydrothermaux.



# Synthèse

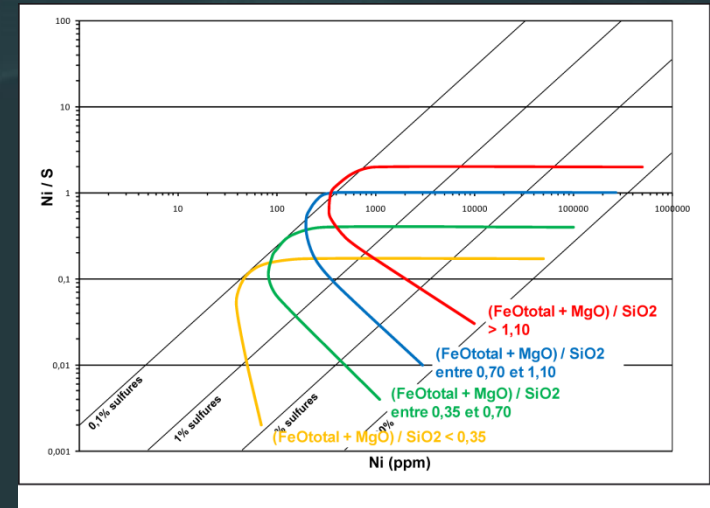
## 1. RA-EGP plus

- i. Permet de d'évaluer le potentiel d'une intrusion M-UM pour une minéralisation en EGP...
- ii. ... et pour le Ni-Cu
- iii. Nécessite les mêmes éléments que le RA-EGP



# Synthèse

## 1. Graphique Ni vs Ni/S



- i. Permet de d'évaluer le potentiel d'une intrusion M-UM pour une minéralisation en sulfure de Ni-Cu
- ii. Nécessite des analyses en Ni, S et majeurs
- iii. Utile même pour les phases les plus felsiques
- iv. Donne des résultats fiables pour des échantillons ayant aussi peu que 40 ppm de Ni et 0,1% de sulfures

# Documentation

- RA-EGP
  - Rapport 2003-09 (Pearson, 2004)
  - Outil RA-EGP
  - *Inclus dans Outil de traitement de géochimie Consorem*
  
- RA-EGP plus et Graphique Ni vs Ni/S
  - Fichier Excel avec champs de fertilité (Ni vs Ni/S)
  - *Inclus dans Outil de traitement de géochimie Consorem*