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



1

Consortium de recherche en exploration minérale

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 <u>critères géochimiques</u> facilitant l'élaboration d'un <u>modèle d'exploration</u> 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)

INSOREM

- 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



Cu/lr (Incompatible / compatible)

Diagrammes binaires - EGP



Cu/Ir

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 x Ni/Pd _(échant) / Ni/Pd _(MP)]²	(500 000)
Ni/Cu	[0.1 x 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.

CONSOREM **Ratio-Arachnide EGP**



Sulfures enrichis en Pd Similaire à Pd/Ir mais, Cu est mobile 10+12 Compatibilité: Pd <<< Ir Log Ratio ^{échant} / Ratio ^{MP} Compatibilité: Pd < Pt 10+4 MANTEAU Similaire à Ni/Pd mais, Cu est mobile Diminution du ratio due à l'incompatibilité du Pd 10-12 CurPd Pd/S Ni/Pd Cu/Pt Pd/Pt Pd/lr Cu/lr Ni/Cu 1000***EPd+Pt**

onsorem

1000*ΣPd+Pt

CONSOREM

10+12

10+4

1

10-12

Log Ratio échant / Ratio MP

Pd/S Ni/Pd

Ni/Cu

Cu/Pd

Cu/Pt

Pd/Pt

Pd/Ir Cu/Ir

Signature magmatique type en forme de CROCHET

Consortium de recherche en exploration minérale



Exemple: Komatiites de Munro

Ratio-Arachnide EGP (Pyke's flow)

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



DNSOREM

Roches fertiles très enrichies – minéralisation MAGMATIQUE



ONSOREM

10ans

Exemple: Bushveld – UG2



INSOREM

Roches Appauvries (Processus de différenciation)



CONSOREM

Oster



Roches Appauvries (Résidu Réfractaire en P-EGP)



La pente négative entre les ratios Cu/Pd et Cu/Pt 10+10 s'explique par la mobilité Log Ratio échant / Ratio MP relative du Pd 1 10-6 Pd/Pt Pd/S Ni/Cu Cu/Pd Cu/Pt Pd/Ir Ni/Pd Cu/Ir 1000***EPd+Pt**

CONSOREM

Oline

Hydrothermalisme de haute température



CONSOREM

Osre

Exemple: Montcalm

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







- 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.

<u>ΣEGP / Ni+Cu</u>

Source : Barnes et Lightfoot, 2005

Consortium de recherche en exploration minérale

RA-EGP-Ni

Coefficient de partage Ségrégation S 1 Si S Ni Si Si EGP → S EGP Ni Si S \checkmark Si Ni (Cu) EGP Ni Si EGP S Si Ni Si Si S Ni Ni 🗖 Si S Si S Ni Ni Si EGP EGP S EGP S EGP. S ← EGP EGP S EGP S EGP Ni S S Ni(Cu) Ni Si EGP S Si

CONSOREM

10 mm

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 x Ni/Pd _(échant) / Ni/Pd _(MP)]²	(500 000)			
Ni/Cu	[0.1 x 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)	[4,27x10 ⁻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.				

Consortium de recherche en exploration minérale

10²⁰⁰







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



ONSOREM

1020

10+12 Ratio échantillon / Ratio manteau primitif Section pour EGP Section Ni et Cu (signature typique des UM 10⁺⁸ avec potentiel pour Ni-Cu) (échelle logarithmique) 10+4 1 10-4 Signature en crochet avec pente ascendante entre les ratios 10⁻⁸ Σ EGP/(Ni+Cu) et Ni/Pd. La pente est plus faible que pour Polis NilPol NilCu CulPol Jinchuan 10-12 1000[#][Pd+Pt] Pdlh CulPt CUILY Palle

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

Exemple 3 - Lac des lles (Gisement de Pd; Brügmann et al., 1989)



ONSOREM

1020

CONSOREM



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)

Consortium de recherche en exploration minérale



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)

 \rightarrow Notion du Coefficient de partage



10²⁰⁵







Oans 100, Stormi – Complexe de Vammala 7,6 Mt à 0,68% Ni et 0,42% Cu Teneur moyenne 6,3% Ni (Lamberg, 2005) 10 Série stérile Ni / S 10000 100000 10 100 1002 100000 0,10,00 SURVICES 100% 51111105 0,01 10% 51Hures 1º/0 511111105 **Teneur prédite** 4,9% Ni 0,001 Ni (ppm)



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 ?

 \rightarrow Mise à contribution des éléments majeurs



Graphique Ni vs Ni/S

Caractère mafique de l'échantillon (CM)

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

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

« felsique » « mafique »

< 0,35 _____n=110 « intermédiaire » 0,35 à 0,70 n=265 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

em

Succès = 96/116= 83%

Graphique Ni vs Ni/S - Efficacité

		Stérile	9	Fertile		
СМ	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%











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