

2014-05 : Optimisation des analyses de suites multiéléments icp-ms pour l'exploration minérale

L'évolution remarquable des moyens technologiques permet aujourd'hui de réaliser de façon routinière, et à des prix abordables, des analyses en éléments traces pour une grande partie du tableau périodique des éléments chimiques. Cependant, une proportion mineure des éléments communément analysée est utilisée en exploration minérale. Le potentiel d'utilisation des autres éléments demeure mal évalué. Dans l'optique d'optimiser l'utilisation des éléments traces en exploration minérale, deux approches ont été utilisées dans le cadre de ce projet : 1) la documentation des éléments traces d'intérêts en exploration minérale et 2) la documentation des méthodes de dissolution et d'analyse des éléments traces dans les laboratoires commerciaux.

Afin d'identifier les éléments traces d'intérêt pour l'exploration, leurs comportements ont été documentés dans les halos d'altération de 4 types de gisements hydrothermaux : porphyres, orogénique, SMV et SEDEX. Un groupe d'éléments (Ge, As, Se, Cd, In, Sn, Sb, Te, Hg, Tl, Pb, Bi) identifiés comme « volatils » sont quasi-systématiquement détectés dans les halos d'altération des gisements compilés. Pour établir les seuils de concentration anormaux de ces éléments dans les roches altérées, la concentration dans les roches ignées fraîches a été établie à partir de la banque de donnée du GEOROC (projet 2012-05). En couplant avec les valeurs compilées dans la littérature, nous proposons les seuils compilés dans le tableau ci-dessous, indiquant les concentrations (en ppm), dans les roches ignées fraîches et dans les halos d'altération.

Tableau 1. Principaux éléments « volatils » utiles en exploration minérale.

(ppm)		Ge	As	Se	Sn	Sb	Hg	Tl	Pb
Faure, 1998	Ultramafique	1,3	0,8	0,05	0,5	0,1	0,01	0,04	0,5
	Mafique	1,4	2,2	0,05	1,5	0,6	0,09	0,21	7
	Felsique	1,3	1,5 à 1,9	0,05	1,5 à 3	0,2	0,08	0,72 à 2,3	15 à 19
	Shale	1,6	13	0,6	6	1,5	0,4	1,4	20
Porphyre	Potassique	N.A.		5 à 20	0,5 à 10		0,05	0,2	50
	Séicitique profonde		10 à 50	1	2 à 30	1 à 3	0,05	0,2	200 à 1000
	Séicitique surface		50 à 1000	1	N.A.	3 à 100	0,2 à 10	1 à 50	10 à 100
Or	Granodiorite	N.A.	5	0,1	N.A.	0,9	N.A.	N.A.	N.A.
	Basalte		4 à 30	0,3		0,9			
	Sédiment		6 à 40	N.A.		0,9			
	Komatiite		5	0,15		0,45			
VMS		3	300	10	10	10	0,7	2	75
SEDEX		2	40	N.A.	N.A.	12	N.A.	1,5	55

Analyses		fusion ou 4A ICP-MS	INAA ou 4A ICP-MS	INAA	fusion ou 4A ICP-MS	INAA ou 4A ICP-MS	Vapeur froide FIMS ou INAA	fusion ou 4A ICP-MS	fusion ou 4A ICP-MS
-----------------	--	---------------------	-------------------	------	---------------------	-------------------	----------------------------	---------------------	---------------------

Il n'existe pas de méthode unique pour analyser tous les éléments traces. Pour des analyses ICP-MS, la méthode de digestion proposée (complète par fusion Li-métaborate ou Na-péroxyde ou partielle par eau régale ou 4 acides) est souvent fonction du type d'échantillon (sulfures ou silicates dominants) et des éléments recherchés. Les éléments du groupe des « volatils » présentent généralement un point de fusion bas et leur utilisation nécessite des précautions particulières lors de la dissolution des échantillons pour éviter leur volatilisation (typique lors des processus de fusion). Il est donc recommandé d'utiliser une méthode d'analyse qui ne fait pas intervenir de dissolution (INAA – activation neutronique). De plus, certains de ces éléments « volatils » (Sb et Tl par exemples) ont des comportements ambivalents. Ils peuvent se comporter à la fois comme des chalcophiles et lithophiles (Tl) ou sidérophiles (Sb). Ce comportement leur permet d'être incorporés à la fois dans la structure des sulfures et celle de certains silicates (exemple du Tl : pyrite et séricite). Ce comportement ouvre des perspectives particulièrement intéressantes pour l'utilisation des « volatils » en exploration (reconnaissance des halos d'altération associés à des minéralisations économiques, dispersion dans l'environnement secondaire, etc.), mais implique une méthode de dissolution adéquate pour quantifier les éléments présents dans la structure des sulfures et des silicates. Une revue des méthodes de dissolution et d'analyse des éléments traces par les laboratoires commerciaux était donc indispensable pour identifier les méthodes analytiques fiables proposées par les laboratoires commerciaux (**tableau 1**).

Projet 2014-05 : Fiche sommaire	
Objectifs	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Produire une charte des éléments utiles, en tenant compte de la méthode d'extraction utilisée en amont de l'analyse ICP-MS. ➤ Documenter les associations métalliques dans différents gisements hydrothermaux. ➤ Définir des seuils anormaux pour chaque élément ou combinaison d'éléments.
Résultats et innovations	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Production d'une charte des éléments utiles en exploration minérale comprenant : <ul style="list-style-type: none"> - les valeurs dans les roches ignées non altérées; - les seuils anormaux pour 4 types de minéralisations hydrothermales (Porphyres, Or orogénique, SMV et SEDEX); - les méthodes d'analyses recommandées. ➤ Utilisation des éléments volatils en exploration.