

**13^e COLLOQUE DU REGROUPEMENT DES ÉTUDIANT(E)S
DIPLOMÉ(E)S EN SCIENCES DE LA TERRE (RÉDiST)**

Comité organisateur

Hugues Longuépé
Nathalie Légaré
Louise Duchesne
Hassan Nabil

Programme, résumés et site web

Sébastien Lavoie

Infographie

Claude Dallaire (CERM)

L'ensemble des résumés de ce colloque sont disponible sur internet sur le site web du RÉDiST au:

WWW.UQAC.CA/REDIST

Le logo du 13^e colloque représente le tableau périodique des éléments chimiques. En surimposition sur le tableau périodique un cristal émet des particules élémentaires en se faisant frapper par un rayon analyseur.

**13^e COLLOQUE DU REGROUPEMENT DES ÉTUDIANT(E)S
DIPLOMÉ(E)S EN SCIENCES DE LA TERRE (RÉDiST)**

**DE LA ROCHE À L'ATOME: CONTRIBUTION DES
GÉO-ANALYSES À LA RECHERCHE EN GÉOLOGIE**

**Le vendredi le 23 mars 2001
à l'Université du Québec à Chicoutimi**

**En collaboration avec le Fonds Minier du Saguenay-Lac-Saint-Jean et
l'Association des prospecteurs du Saguenay-Lac-Saint-Jean.**

Commandite spéciale de l'International Association of Geoanalysts.

INTRODUCTION

Quelque soit sa spécialisation, chaque géologue, ingénieur ou autre professionnel œuvrant dans une branche connexe aux sciences de la Terre fait souvent appel à divers types d'analyses chimiques. La majorité du temps ces analyses sont réalisées dans des laboratoires externes. Malheureusement, dans la plupart des cas, les gens qui commandent ces analyses comprennent peu les principes analytiques auxquels ils font appel et ne sont pas nécessairement au courant des nouveaux développements en chimie analytique. Le colloque présente donc une série de conférences qui permettront aux participants d'acquérir de nouvelles connaissances ou de rafraîchir certaines notions qui les aideront à faire des choix plus éclairés en ce qui a trait aux analyses appropriées pour la réalisation d'un projet.

Pour ce faire huit conférenciers provenant de plusieurs universités canadiennes, de Géologie-Québec et du Consortium en Recherche minérale (COREM) ont été invités. Le colloque se divise en quatre volets. Le premier touche des techniques analytiques bien établies (INAA et XRF) et le second de nouveaux développements au niveau des micro-analyses et de l'ICP-MS. Au cours de l'après-midi les deux premières présentations aborderont des techniques reliées aux études environnementales alors que la journée se terminera sur des sujets qui sont d'intérêt général soit les datations U-Pb et l'application des données géochimiques en exploration minérale.

L'Association des prospecteurs du Saguenay-Lac-Saint-Jean et le Fonds minier organisent, en parallèle, une demi-journée d'information sur la nouvelle loi des mines et sur les activités du Fonds minier. De plus, une série d'exposants feront connaître leur découvertes et les services qu'ils offrent.

Le comité organisateur vous souhaite une bonne journée.

PROGRAMME DU 13^e COLLOQUE DU RÉDiST (Présenté à l'auditorium 0-701)

8h00 - 8h45	Inscription
8h45 - 8h50	Ghyslain Bourque, VRER-UQAC <i>Mot de bienvenue</i>
8h45 - 8h50	André Chagnon, INRS-Géoressources <i>Ouverture</i>
9h00 – 9h30	Paul Bédard, UQAC <i>L'activation neutronique : tonique ou archaïque.</i>
9h30 - 10h00	Caroline Olsen, COREM <i>Introduction à l'analyse quantitative d'échantillons géologiques par fluorescence X : théorie et aspects pratiques</i>
10h00 - 10h30	Pause café
10h30 - 11h00	John Stix, McGill University <i>Le développement des techniques micro-analytiques pour l'analyse des éléments traces et des isotopes stables.</i>
11h00 - 11h30	Nimal DeSilva, Carleton University <i>Direct Powder Introduction into the Inductively Coupled Plasma: Potential Versatility as an Analytical Tool for Geoanalysis.</i>
11h30 - 13h30	Diner et visite des kiosques
13h30 - 14h00	Gilles St-Jean, Université d'Ottawa <i>Techniques d'analyses des isotopes stables en Hydrogéologie.</i>
14h00 - 14h30	Emilien Pelletier, ISMER - UQAR <i>Détection et quantification des contaminants organiques dans les sols et les sédiments.</i>
14h30 - 15h00	Pause café
15h00 - 15h30	Nuno Machado, GEOTOP - UQAM <i>La géochronologie U-Pb: Progrès analytiques et applications.</i>
15h30 - 16h00	Mathieu Piché, Géologie Québec <i>Deux utilisations de la minéralogie en exploration minière.</i>
16h00 - 16h30	Gérard Woussen, BLUM Fermeture du colloque et remise des prix à la prospection et du prix étudiant
16h30	Visite des kiosques, bar

**PROGRAMME DU 7^e COLLOQUE DU FOND MINIER et de
L'ASSOCIATION DES PROSPECTEURS DU SAGUENAY-LAC-ST-JEAN
(Présenté au local P1-6090)**

8h00 - 8h45	Inscription
8h45 – 9h00	Guy Archambault, CERM <i>Ouverture de la session sur la nouvelle loi des mines</i>
9h00 – 9h15	Christian Tremblay, Fonds minier <i>Perspective pour la prospection au Saguenay-Lac-Saint-Jean en 2001</i>
9h15 – 10h00	Denis Fortin, MRNQ <i>Les termes de la loi 182 et les implications pour les prospecteurs</i>
10h00 – 10h30	Pause café Visite des kiosques (centre social)
10h30 – 11h15	Denis Fortin, MRNQ <i>Les modalités de la conversion des titres miniers à la nouvelle loi des mines</i>
11h15 – 12h00	Denis Fortin, MRNQ Tour d'horizon sur l'utilisation du logiciel de gestion des titres miniers GESTIM
12h00 – 13h00	Diner
13h00 - 13h30	Visite des kiosques
13h30	Les activités se poursuivent à l'intérieur du 13 ^e colloque du RÉDiST au local P0-5000

EXPOSANTS (centre social)

9h00 – 17h00

IOS services géoscientifiques
STRIB services géoscientifiques
Fonds Minier SLSJ
Association des prospecteurs SLSJ
GEXTRAIS
Francine Bouchard
Michel Bouchard (Calgitek)
Service Géologique du Saguenay
MRNQ titres miniers et redevances
Robin Boudreault (réalisation d'article de granite)

L'ACTIVATION NEUTRONIQUE : TONIQUE OU ARCHAÏQUE

Bédard, L.Paul, pbedard@uqac.quebec.ca, Sciences de la Terre, Université du Québec à Chicoutimi, 555 boul. de l'Université, Qc, G7H 2B1.

L'activation neutronique (INAA) est une méthode analytique en perte de popularité. De nombreux utilisateurs subissent une pression pour utiliser la méthode en vogue : l'ICP-MS. Qu'en est-il ?

L'INAA est une méthode nucléaire qui se caractérise ses manipulations minimales et par sa grande simplicité d'utilisation pour l'utilisateur. Pour toute préparation, il suffit de peser et d'encapsuler l'échantillon. Pas de mise en solution ou de masse infinitésimale à quantifier. L'échantillon acquerra une radioactivité après un passage dans un réacteur nucléaire. Cette radioactivité sera mesurée par un détecteur. Le spectre obtenu se composera de pics dont l'aire sera proportionnelle à la teneur après quelques corrections spectrales et nucléaires simples. De plus, comme c'est une "vieille" méthode bien établie les problèmes sont connus et dans la plupart des cas résolus.

Dans le cas de l'ICP-MS, il s'agit de spectrométrie de masse (séparation des éléments (isotopes) par leur masse). Pour séparer les masses, les éléments doivent être attirables donc ionisés, c'est le but du plasma. Les échantillons doivent être introduits soit par le mode solution ou soit par une ablation laser. Si intéressante soit cette dernière approche, elle est affublée d'un grand problème soit l'estimation de la masse d'échantillon amenée au spectromètre. Ce paramètre est généralement estimé par une normalisation à un élément préalablement déterminé à la sonde électronique. Il est alors supposé que la teneur de cet élément est constante en 3D dans l'échantillon. Pour le mode solution, de nombreux minéraux sont difficiles à mettre en solution (zircon, chromite, etc.). De plus, si tous les éléments sont conservés en solution, il y a trop de sels dans la solution et la qualité du signal se dégrade et peut devenir inutilisable. Étant donné que les limites de quantification sont très faibles, la contribution des réactifs peut être très importante (blanc élevé). Un dernier problème considéré est "l'effet de mémoire" ou la contamination inter-échantillon qui est parfois importante parce que la solution adhère à la verrerie de l'appareil.

Plusieurs auteurs s'accordent pour dire que l'INAA est plus précise que l'ICP-MS. Dans le cas des éléments du Groupe du Platine (ÉGP : platine, palladium, iridium, etc.), les deux méthodes (INAA et ICP-MS) donnent des performances similaires pour les échantillons contenant des sulfures ou des oxydes (après préconcentration par pyroanalyse). Le cas pour les échantillons à faibles teneurs n'est pas aussi clair. Pour les éléments tels que le Pd, l'ICP-MS offre un avantage dans les faibles teneurs.

Il est également important de garder à l'esprit les limites de quantification, la précision et la justesse nécessaire pour résoudre le problème géologique. Si le problème géologique demande de faire la différence entre des unités ayant 1, 10 ou 100 µg/g de barium, l'INAA est nettement suffisante. Si, au contraire, il faut distinguer des unités ayant 10, 11 ou 12 µg/g l'ICP-MS devrait offrir une meilleure performance. S'il faut comparer des compositions géochimiques avec d'autres laboratoires, une grande justesse est nécessaire et l'INAA est à favoriser.

En conclusion, l'INAA offre une grande simplicité de préparation d'échantillon et une grande justesse. L'ICP-MS offre une excellente précision, des limites de quantification très basses mais exige une préparation complexe où de nombreuses embûches peuvent survenir. De plus l'ICP-MS offre l'avantage de pouvoir mesurer des rapports isotopiques ce que l'INAA ne peut offrir.

**INTRODUCTION À L'ANALYSE QUANTITATIVE D'ÉCHANTILLONS GÉOLOGIQUES PAR
FLUORESCENCE X : THÉORIE ET ASPECTS PRATIQUES.**

Olsen, Caroline, caroline.olsen@corem.qc.ca, COREM, 2700, rue Einstein, Sainte-Foy, Québec Canada, G1P 3W8.

La spectrométrie de fluorescence X pour l'analyse d'échantillons géologiques est largement utilisée pour caractériser les oxydes majeurs et les éléments traces. Cette technique rapide permet de doser quantitativement presque tous les éléments du tableau périodique (du sodium à l'uranium) pour des concentrations variant de quelques ppm à 100%. Dans cette présentation, les notions de physique des rayons X et l'interaction des rayons X avec la matière seront discutées. Par la suite, des thèmes d'aspects pratiques tels la préparation des échantillons, les procédures d'étalonnage et les contrôles de qualité seront également abordés.

LE DÉVELOPPEMENT DES TECHNIQUES MICRO-ANALYTIQUES POUR L'ANALYSE DES ÉLÉMENTS TRACES ET DES ISOTOPES STABLES

Stix, John, stix@eps.mcgill.ca, Department of Earth & Planetary Sciences, McGill University, 3450 University Street, Montréal, Québec H3A 2A7.

Nous avons vu, dans les dix ans derniers, un développement important de deux techniques micro-analytiques: la spectrométrie de masse des ions secondaires (SIMS) et la spectrométrie de masse d'induction couplée par laser (ICP-MS). Ces deux approches nous permettent l'analyse des éléments traces à des concentrations de ppb ou de ppt. De plus, les appareils sont également capables d'analyser certaines isotopes stables.

Pour les analyses quantitatives, les deux techniques obligent l'utilisation d'un étalon externe pour la calibration d'un élément ou d'une isotope. Ces étalons sont normalement des matériaux (minéraux, verres, métaux, alliages, etc.) qui sont bien caractérisés pour leurs contenus en éléments traces ou pour leurs signatures isotopiques. Idéalement, on veut utiliser le même type de matériau pour l'étalon et pour l'échantillon inconnu. Dans certains cas, cela pose un problème car il y a un manque de matériaux avec une bonne caractérisation chimique. Cette lacune est un défi majeur.

Les applications des deux techniques sont vastes. Les techniques sont bien conçues pour l'analyse des coefficients de partage des éléments traces (e.g., les terres rares) entre minéraux et matrice d'une roche ignée, ainsi que pour la fractionation d'un système isotopique (e.g., oxygène, bore). Les appareils peuvent aussi caractériser la nature de zonation chimique d'un minéral dans les roches ignées et métamorphiques. Les techniques sont aussi idéales pour l'analyse des inclusions de verre et des inclusions fluides qui sont contenues dans les minéraux. Finalement, les appareils sont utilisés dans l'analyse des produits d'expériences, où la quantité du produit est faible.

En conclusion, nous voyons le développement rapide des techniques du SIMS et de l'ICP-MS par laser, vers un point où elles peuvent être utilisées pour les éléments traces et les isotopes stables comme une microsonde électronique est utilisée pour les éléments majeurs.

DIRECT POWDER INTRODUCTION INTO THE INDUCTIVELY COUPLED PLASMA: POTENTIAL VERSATILITY AS AN ANALYTICAL TOOL FOR GEOANALYSIS.

De Silva, Nimal, ndesilva@ccs.carleton.ca, Department of Chemistry, Carleton University, Ottawa, Ontario, Canada K1S 5B6.

Direct Solid Analysis by ICP techniques:

The most common approach for sample introduction in Inductively Coupled Plasma Emission (ICP-ES) and Mass (ICP-MS) spectrometry is solution nebulization, where droplets generated by a nebulizer are introduced into the centre of the plasma as a flow of fine aerosol. In spite of its inherent simplicity, solution nebulization demands that solids samples such as most of the materials of geological interest, undergo tedious and time consuming dissolution procedures prior to the ICP measurement. Direct analysis of solids offers promise for the rapid determination of trace elements in difficult matrices, particularly geological materials, with added versatility. Elimination of complex sample preparation procedures saves time, effort and reagents. It minimizes possible loss of analyte and contamination. Increased efficiency of sample transport into the plasma has the potential for providing improved detection limits. Problems associated with the formation of molecular ions originating from solvent molecules (in ICPMS) can be eliminated. Although the potential application areas are numerous, with the availability of suitable techniques for direct analysis of solids, perhaps it would be the geoanalyst who would be benefitted the most.

Available Alternatives for Direct Solid Analysis:

Several sample introduction techniques for direct solid analysis have evolved to different levels of maturity, some of which are even commercially available. Due to the varied nature of sample types, available size, physical form, and the particular analytical problem in hand, most of these techniques are complimentary rather than being competitive.

For example, laser ablation (LA) ICP-MS has become a popular and powerful tool for geological applications, where micrometer grains on a rock surface can be analysed conveniently, providing information on localized concentrations and corresponding isotope ratios. However, finding a suitable calibration strategy can be difficult. If the original sample is available in powder form, the sample preparation and pelletization can still be an elaborate process. ElectroThermal Vaporization (ETV) and Direct Sample Insertion (DSI) can be used to vaporize microgram quantities of solid samples directly into the plasma without prior digestion. Although calibration can be somewhat simple, the sample size used for a given analysis generally has to be limited to microgram quantities. Spark Ablation (SA) has been used for direct analysis of solid samples. As the sample has to be electrically conducting, geological powder materials generally have to be mixed with conducting graphite or a metallic powder at a high proportion, which may pose problems related to contamination and poor detection limits.

Direct Powder Introduction:

Direct Powder Introduction (DPI) has the potential to overcome some of the above difficulties, particularly if the sample already is in powder form, or has to be converted to a powder during the analytical process. However, there are some technological challenges that have to be addressed for practical analytical application of DPI-ICP. These challenges can be classified into three basic categories: (a) delivery of a small mass of a dry powder into a gaseous plasma in a quantitative, controlled, uniform, and practical manner, (b) representative volatilization of analytes from the solid particles inside the plasma, and (c) processing of non-steady signals that originate as a result of the discrete nature of particles entering the plasma.

We have developed a device to introduce powders directly into the ICP which meet most of the features expected from an ideal powder delivery device. A sample of analytical data obtained by interfacing this device with a photodiode arraybased spectrometer is shown in Table 1, which shows a typical analytical precision of 1-2% with good accuracy. Further refinements in DPI technology is currently underway in our laboratory.

Non-conventional applications of DPI-ICP:

In conventional sample dissolution, even a minute volume of the resulting homogeneous solution becomes representative of the original bulk sample. On the other hand, sample dissolution also destroys information about homogeneity and mineralogy of the sample. With the state of the art spectrometers (available in both ES and MS), the DPI technique can be exploited to extract information at individual particle level in addition to the measurement of bulk concentration of analytes in the powder. Some potential non-conventional applications are:

- Testing of heterogeneity of samples and standard reference materials at micro- to milli-gram levels, using a large number of sub-samples.

- Mineralogical studies. Information on elemental association or isotopic distribution at individual particle level.
- Distinguishing between surface coated versus matrix laden trace elements in sediments, etc., and their possible differences in isotopic ratio distribution (with MS).
- Direct analysis of pre-concentration media in dry powder form without elution.
- Fundamental studies of the behaviour of particles in the plasma.

This presentation will focus on the current developments of the DPI technology, and future directions pursued in our laboratory to exploit its full potential.

Table 1 - Determination of Cu in Sediments and Fly Ash by DPI-ICP-ES

SRM	Recomm/Certified	Measured	%RSD	%Difference
CANMET				
LKSD-1	44	41.5	1.5	-5.6
LKSD-2	37	39.6	1.2	6.9
LKSD-3	35	36.3	1.0	3.8
LKSD-4	31	35.1	2.3	13.3
STSD-1				
STSD-2	47	47.4	1.4	0.8
STSD-3	39	40.2	0.7	3.1
STSD-4	65	59.5	1.3	-8.5
NRCC:				
BCSS-1	18.5	18.5	0.4	Low Std.
MESS-1	25.1	26.1	0.3	4.1
NIST:				
1645	109	74.4	0.8	-31.7
1633a	118	117.7	0.9	-0.2
1633	128	128	0.4	High Std.

Sample size: 10-12 mg, Average of 6 measurements

TECHNIQUES D'ANALYSES DES ISOTOPES STABLES EN HYDROGÉOLOGIE.

St-Jean, Gilles, gstjean@science.uottawa.ca, Laboratoires d'isotope-G.G.Hatch, Sciences de la Terre, Université d'Ottawa 140 Louis Pasteur Ottawa, Ontario, Canada K1N 6N5.

Depuis plus d'un demi-siècle les techniques d'analyses des isotopes stables ont évoluées de façon sporadique. Les rapports isotopiques d'intérêt sont ceux du D/H, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ et le $^{37}\text{Cl}/^{35}\text{Cl}$. Au début la technique dite du "dual-inlet", inventé par Alfred O.C. Nier (1947), est la méthodologie de rigueur où le mode de préparations des échantillons gazeux en laboratoire évolue lentement. C'est dans les derniers 15 ans qu'une nouvelle méthode prend son plein essor avec l'avènement de la technique d'analyses en spectrométrie de masse dite du débit-continue ("continuous-flow"). Cette technique permet de coupler au spectromètre de masse plusieurs appareils secondaires tel que:

- Chromatographe à phase Gazeuses ("GC-C, GC-TC"),
- Analyseur Élémentaires (NCHS-O) ("EA, TC-EA")
- Analyseur de carbone inorganique et organique dissout ("TOC Analyser")
- Gaz Trace (CH_4 , N_2O , CO_2) ("PreCon")
- Laser

La taille des échantillons passe alors de l'échelle du milligramme ou du millilitre vers le nanogramme et le nanolitre. Ces nouvelles techniques permettent l'analyse isotopique non seulement des composantes de la molécule d'eau, soit l'hydrogène et l'oxygène, mais aussi d'une multitude de composés complexes présents dans l'eau.

DÉTECTION ET QUANTIFICATION DES CONTAMINANTS ORGANIQUES DANS LES SOLS ET LES SÉDIMENTS.

Pelletier, Émilien, emilien_pelletier@uqar.quebec.ca, Professeur titulaire, Institut des sciences de la mer de Rimouski (ISMER), Université du Québec à Rimouski, 310 allée des Ursulines, Rimouski (Qué) Canada G5L 3A1.

Le réveil environnemental qui a été sonné à la fin des années soixante par les groupes environnementalistes a non seulement provoqué une vaste prise de conscience des populations et des gouvernements face à la pollution mais il a aussi mis en alerte les laboratoires d'analyse de par le monde qui réalisaient soudain qu'ils n'avaient pas les outils nécessaires pour fournir les analyses chimiques demandées. L'absence de techniques de pointe était encore plus évidente du côté de la détection et de la quantification des molécules organiques présentes dans l'eau, les sols, les sédiments et les tissus organiques. Le défi était et reste de taille car la complexité chimique et géochimique du milieu à analyser constitue une barrière constante à la détection de molécules souvent fragiles et réactives.

Cette conférence vous présentera une brève revue de l'instrumentation analytique la plus moderne dans le domaine de l'analyse environnementale et nous partirons ensuite à la recherche des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et des butylétains (BT), deux familles de composés toxiques issues des activités anthropiques et qui se retrouvent dans les sédiments lacustres et marins de nombreux pays dans le monde.

Pour identifier et quantifier les membres d'une famille de contaminants, il y a toujours quatre étapes essentielles à franchir : 1) l'extraction; 2) la purification; 3) la séparation et 4) la quantification. Les progrès technologiques les plus récents ont été accomplis au niveau de la séparation et de la quantification des molécules recherchées. La chromatographie en phase gazeuse a été et reste la technique maîtresse des laboratoires d'analyse environnementale. Dans ce secteur, l'avancée technique la plus importante des années soixante-dix aura été le développement de la colonne capillaire capable de fournir des millions de plateaux équivalents et permettant entre autres de séparer les 207 congénères de biphényles polychlorés (BPC). L'autre percée technologique essentielle aura été le couplage du chromatographe à gaz avec le spectromètre de masse pour l'identification absolue des molécules séparées. Les techniques de GC/MS/MS sont à la fine pointe de l'analyse environnementale et permettent la détection de molécules toxiques jusqu'au niveau du ng/g de sédiment et même du pg/g dans certains cas.

Cependant, il reste des problèmes insolubles en chromatographie gazeuse. Pour être analysée, la molécule doit nécessairement passer en phase gazeuse et migrer sous le flux d'un gaz porteur, or certaines molécules ne supportent pas du tout la chaleur, elles sont dites "thermolabiles". Elles ont tendance à brûler dans l'injecteur du chromatographe à gaz et ne sont pas analysées.

La solution est venue avec le développement de la chromatographie liquide à haute pression (HPLC), une avancée technologique plus lente et pénible qui a tout de même conduit aujourd'hui à des outils de très haute performance. Les chromatographes liquides ont des capacités de résolution encore inférieures à celles des chromatographes à gaz mais ces instruments sont devenus essentiels dans les laboratoires analytiques surtout parce que les développeurs sont parvenus à y coupler des détecteurs hypersensibles à certaines molécules comme le spectrofluoromètre et plus récemment le spectromètre de masse. La HPLC/MS/MS est devenu l'outil le plus puissant jamais mis au point pour la découverte et l'analyse de molécules biologiques que l'on trouve dans les sédiments et les sols. On utilise souvent ces molécules comme des marqueurs de l'évolution biogéochimique d'un milieu contaminé ou en cours de rétablissement.

Notre laboratoire de recherche s'intéresse avant tout à la présence et aux effets de multiples composés toxiques présents dans l'environnement aquatique en général et le milieu marin en particulier. On ne peut pas faire de la toxicologie environnementale sans faire de l'analyse. Une première partie de nos travaux porte sur les HAP enfouis depuis des décennies dans des sédiments lacustres et marins. La question est de savoir si ces HAP ont encore des effets néfastes sur la faune aquatique ou s'ils sont devenus inoffensifs. L'approche classique pour l'extraction des HAP est l'utilisation d'un solvant de polarité moyenne comme le dichlorométhane ou encore un mélange d'hexane et d'acétone mis en contact avec le sédiment pendant plusieurs heures. L'extrait obtenu est souvent jaune ou brunâtre et il faut procéder à une ou plusieurs étapes successives de nettoyage de l'échantillon sur de petites colonnes de silice activée. Ces étapes préparatoires sont lentes et fastidieuses mais sont essentielles à l'obtention d'une bonne qualité chromatographique. L'extraction et la purification de l'échantillon sont sujettes à la nature du sol ou du sédiment et doivent souvent être ajustées selon la granulométrie ou le contenu en carbone organique. L'échantillon purifié est ensuite chromatographié et quantifié à l'aide d'un détecteur en ionisation de flamme (FID). Pour déterminer si les HAP sont plus ou moins emprisonnés dans la matrice organique, nous procédons à des analyses successives du même échantillon en utilisant des solvants ayant des

pouvoirs d'extraction variés et nous déterminons la toxicité des extraits à l'aide d'une batterie de biotests effectués à l'aide de lecteurs de microplaques.

Une seconde partie de nos travaux porte sur la présence et la toxicité des butylétains en milieu côtier. Ces molécules organométalliques sont des biocides puissants qui sont introduits dans l'écosystème marin par les peintures antisalissures des grands navires marchands. Le tributylétain se dissout dans l'eau et ensuite s'attache aux particules et finalement tombe dans les sédiments profonds. La difficile question analytique est d'être en mesure d'analyser ce composé dans les sédiments et les organismes à des concentrations très très faibles néanmoins toxiques pour la faune. Le protocole que nous avons adopté depuis quelques années consiste à d'abord en une attaque à l'acide chlorhydrique (HCl 1M) pour déloger les butylétains de leurs sites d'adsorption, suivie d'une extraction à l'hexane additionné de tropolone. Comme les butylétains sont des cations, il faut les neutraliser avant la chromatographie en les faisant réagir avec le borate tétraéthyles qui produit des dérivés éthylés pouvant être séparés en chromatographie gazeuse. Pour ce type de composés, le meilleur détecteur est sans doute la spectrométrie de masse car l'étain possède une riche distribution isotopique qui rend les fragments organostanniques faciles à retrouver sur les spectres de masse. Notre limite de détection atteint généralement 1 ng/g de sédiment sec avec un coefficient de variation analytique de l'ordre de 10%.

Quoique l'instrumentation et les méthodes analytiques appliqués à l'environnement aient beaucoup progressé au cours des 20 dernières années, l'analyse environnementale reste un grand défi autant pour la recherche que pour l'application des nouvelles technologies. Chaque année des centaines de nouvelles molécules sont mises en production dans le monde aussi bien dans le domaine pharmaceutique que le domaine industriel et beaucoup de ces molécules se retrouvent dans notre environnement. Nous avons besoin d'outils de plus en plus performants pour déterminer la distribution de ces molécules dans notre environnement quotidien et déterminer si elles peuvent porter atteinte à notre santé et à celle de l'écosystème qui nous entoure.

LA GÉOCHRONOLOGIE U-PB: PROGRÈS ANALYTIQUES ET APPLICATIONS.

Machado, Nuno, machado.nuno@uqam.ca, Centre de recherche en Géochimie isotopique et en Géochronologie-GEOTOP et Département des Sciences de la Terre et de l'Atmosphère, Université du Québec à Montréal, CP8888, Succ. Centre-Ville, Montréal, QC H3C 3P8.

La méthode de datation U-Pb est basée sur la désintégration naturelle des isotopes ^{238}U et ^{235}U aboutissant, respectivement, aux isotopes stables ^{206}Pb et ^{207}Pb . Les demi-vies sont respectivement de 4468 et de 704 millions d'années. Les mesures des compositions isotopiques du Pb et de l'U livrent trois âges: $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ et $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$. Les données sont habituellement représentées dans un diagramme $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ où les points ayant les mêmes âges $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ et $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ définissent la ligne dite concordia (Wetherill 1956). L'âge $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ est représenté dans ce diagramme par la pente de la ligne définie par l'origine et un point sur la concordia. On appelle "concordants" les échantillons livrant des âges $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ et $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ (et nécessairement $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) identiques. Ces échantillons représentent des systèmes fermés par rapport à l'uranium et au plomb, c'est à dire qu'ils n'ont ni perdu ni acquis ces éléments depuis leur formation. Inversement, s'il y a eu perte ou gain d'uranium ou de plomb les échantillons sont discordants et n'appartiennent pas à la ligne concordia. Cependant, une suite d'échantillons discordants peuvent définir une ligne dite discordia dont les intersections avec la concordia datent des événements géologiques.

Les minéraux les plus utilisés sont le zircon, la baddeleyite, la monazite, l'allanite et la titanite. Les caractéristiques intrinsèques du système U-Pb comme la possibilité d'obtenir des âges fiables même dans les cas de système ouvert, lui confèrent une flexibilité et une précision uniques qui ont motivé l'amélioration continue de cette méthode.

Pendant la dernière quarantaine d'années, la méthode U-Pb a subi plusieurs changements révolutionnaires. Depuis les travaux pionniers de Silver et Deutsch (1961) rapportant l'analyse de 200-300 milligrammes de zircon, correspondant à plus de 104 grains, les étapes majeures sont la découverte que l'abrasion des zircons réduit ou élimine la discordance, la dissolution hydrothermale du zircon et la miniaturisation des procédures chimiques aboutissant à des niveaux de contamination de quelques picogrammes de Pb (Krogh 1973, 1982a, b). Ces progrès analytiques de la technique appelée dilution isotopique-ionisation thermique, permettent aujourd'hui la mesure de l'âge d'un seul cristal ou de parties d'un cristal de zircon de poids inférieur au microgramme. Une nouvelle époque fut inaugurée avec la construction d'une sonde ionique dédiée à la datation U-Pb (Sensitive High Resolution Ion MicroProbe-SHRIMP, Compston et al. 1984; voir sommaire dans Stern 1997). Cet instrument a permis de montrer clairement qu'un cristal de zircon peut enregistrer plus d'événements géologiques que la roche d'où il provient et que certains cristaux de zircon sont les plus anciens matériaux terrestres actuellement connus. Bien que ces développements permettent de dater une grande variété de processus géologiques, le système U-Pb, au contraire d'autres systèmes de datation, ne se prête pas au traçage isotopique de ces processus.

L'utilisation d'un instrument hybride composé d'un laser pour irradier l'échantillon, d'un plasma induit pour ioniser l'éjecta et d'un spectromètre de masse à multiples détecteurs pourrait devenir la prochaine étape révolutionnaire en donnant la possibilité de caractériser isotopiquement les minéraux datés. Ainsi, on peut envisager la datation U-Pb et la détermination de la composition isotopique du Hf d'un cristal de zircon. Du fait de la nouveauté de cette méthode, connue sous l'acronyme LA-ICP-MS (laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry), dans les domaines de la géochronologie et du traçage isotopique, il n'existe pas encore une procédure établie livrant des résultats aussi exacts et précis que les autres méthodes. Cependant, la technique a déjà beaucoup progressé depuis les travaux de Fryer et al. (1993) avec l'utilisation de lasers UV au lieu de lasers IR et de spectromètres de masse du type secteur magnétique à plusieurs collecteurs d'ions à la place de spectromètres quadripoles à détecteur unique. Les premiers instruments ne livraient que des âges $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, les valeurs U/Pb n'étant pas fiables. Malgré cette limitation, la détermination des âges de zircons détritiques a permis de définir la provenance de séquences sédimentaires et a apporté des contributions importantes à la compréhension de l'évolution de certains orogènes (Machado et Gauthier 1996, Machado et al. 1996, Scott et Gauthier 1996). L'obstacle le plus important pour l'obtention d'âges $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ et $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ précis et exacts par LA-ICP-MS a trait aux fractionnements isotopiques et élémentaires qui ont lieu pendant l'analyse. Plusieurs démarches sont en cours pour comprendre les paramètres analytiques qui les causent et pour minimiser leur impact sur la précision et l'exactitude des âges.

Bibliographie

COMPSTON, W., WILLIAMS, I.S et MEYER, C. (1984): U-Pb geochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution ion microprobe. *J. Geophys. Res.* 89, B525-B534.

FRYER, B.J., JACKSON, S.E. et LONGERICH, H.P. (1993): The application of laser ablation microprobe-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LAM-ICP-MS) to un situ (U)-Pb geochronology. *Chemical Geology* 109, 1-8.

KROGH, T.E. (1973): A low-contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determination. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 37, 485-494.

KROGH, T.E. (1982a): Improved accuracy of U-Pb zircon dating by selection of more concordant fractions using a high gradient magnetic separation technique. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 46, 631-635.

KROGH, T.E. (1982b): Improved accuracy of U-Pb zircon ages by the creation of more concordant systems using an air abrasion technique. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 46, 637-649.

Machado, N. et Gauthier, G. (1996): Determination of $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages on zircon and monazite by laser ablation ICPMS and application to a study of sedimentary provenance and metamorphism in southeastern Brasil. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60: 5063-5073.

MACHADO, N., SCHRANK, A., NOCE, C.M. et GAUTHIER, G. (1996): Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: implications for greenstone belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilátero Ferrífero, southeast Brazil. *Earth Planet. Sci. Letters* 141, 259-276.

SCOTT, D.J. et GAUTHIER, G. (1996): Comparison of TIMS (U-Pb) and laser ablation microprobe ICP-MS (Pb) techniques for age determination of detrital zircons from Plaeoproterozoic metasedimentary rocks from northeastern Laurentia, Canada, with tectonic implications. *Chem. Geol.* 131, 127-142.

SILVER, L.T. et DEUTSCH, S. (1963): Uranium-Lead isotopic variations in zircon: a case study. *J. Geol.* 71, 721-758.

STERN, R.A. (1997): The GSC Sensitive High Resolution Ion Microprobe (SHRIMP): analytical techniques of zircon U-Th-Pb age determinations and performance evaluation. *In Radiogenic Age and Isotopic Studies: Report 10. Geol. Surv. Can., Current Research 1997-F*, 1-31.

WETHERILL, G.W. (1956): Discordant uranium-lead ages. *Trans. Amer. Geophys. Union* 37, 320-326.

DEUX UTILISATIONS DE LA MINÉRALOGIE EN EXPLORATION MINIÈRE.

Piché, Mathieu, mathieu.piche@mrn.gouv.qc.ca, Géologie Québec, Service géologique du Nord-Ouest, 400 boul. Lamaque, Val d'Or, Québec, J9P 3L4.

L'approche minéralogique utilisée par les anciens prospecteurs a été mise de côté au profit d'autres techniques d'exploration. Cependant, certaines techniques d'identification minéralogique appliquées dans un contexte d'exploration minière moderne permettent d'obtenir des informations utiles plus rapidement et à moindre frais que d'autres techniques d'exploration.

1- Les colorations minérales

L'identification des espèces de sulfures à l'aide de techniques de colorations permet de déceler la présence de minéralisation à de très faibles teneurs. Le Zinc Zap, le diméthylglyoxime et les tests de coloration de l'arsenic et de l'antimoine et du plomb sont utilisés pour mettre en évidence la présence de sulfures diagnostics de minéralisation dans la roche. L'utilisation des tests de coloration de l'arsenic et de l'antimoine est fréquemment utilisée dans la prospection des gisements d'or associés aux formations de fer que l'on retrouve à la Baie James et dans le grand nord du Québec.

L'identification de minéraux d'altération associés à un type particulier de minéralisation permettent de déceler les zones à haut potentiel à l'intérieur de la région prospectée. Le Super Jus et le cobaltinite de sodium sont des tests de coloration qui permettent d'identifier les carbonates et le feldspath potassique.

L'identification du feldspath potassique par la méthode du cobaltinite de sodium est employée pour cartographier l'intensité de l'adularitisation dans le halo d'altération propylitique entourant les gisements de type porphyrique. Certains gisements de cuivre et d'or de la région de Chibougamau sont considérés par certains comme étant de ce type.

L'identification des carbonates dans les zones de cisaillements est un outil efficace dans la prospection de certains types de gisements d'or filoniens encaissés dans des roches ankéritisées comme c'est le cas de la mine Casa-Bérardi en Abitibi-Ouest.

Plusieurs des produits nécessaires aux colorations de minéraux sont soit toxiques ou corrosifs. Leur utilisation en milieu de travail est régie par les normes SIMDUT de la CSST au Québec et leur transport est réglementé par la loi sur le transport des matières dangereuses du gouvernement fédéral.

2- Les indices d'altérations basés sur les minéraux normatifs

Le calcul des minéraux normatifs est une technique qui a été développée il y a maintenant un siècle. Son but était de permettre la classification et l'identification des roches ignées. L'utilisation des calculs de minéraux normatifs ne se limitent pas à la norme CIPW. Par exemple des calculs de minéraux du faciès des schistes verts permettent d'identifier et de quantifier des phénomènes d'altération hydrothermale reliés aux processus minéralisateurs.

Le calcul des minéraux normatifs à partir des analyses chimiques des roches permettent de quantifier l'intensité de l'altération hydrothermale associée à certains types de minéralisations. Le calcul de la minéralogie normative de la roche est dans bien des situations plus rapide et moins coûteuse à obtenir que le contenu réel en minéraux d'une roche. Il est possible d'appliquer les mêmes critères de discrimination pour déterminer les roches favorables à la minéralisation sur les minéraux normatifs que sur les minéraux réels.

Des indices d'altérations sont calculés à partir de ratios entre les minéraux normatifs qui sont formés par l'altération et ceux qui sont détruits par celle-ci. Cette technique permet de comparer l'intensité de l'altération hydrothermale entre des roches de composition différente sans interférences comme c'est le cas dans la plupart des méthodes purement géochimiques. Ainsi, l'altération hydrothermale associée aux gisements de sulfures massifs volcanogènes qui se caractérise par des valeurs d'indices de chlorite et de séricite normative élevées. Les roches carbonatisées des épontes des veines de quartz aurifères se caractérisent par des valeurs de l'indice de carbonatation normative élevée.

RÉDIST

Regroupement des étudiant(e)s diplômé(e)s en sciences de la Terre

Partenaires



Université du Québec à Chicoutimi