

Creuser pour trouver des indices

La Professeure Sarah-Jane Barnes, actuelle titulaire de la chaire de recherche du Canada en métallogénie magmatique, mène des travaux dans différents coins reculés du monde. Elle nous fournit quelques repères sur ce qu'elle espère trouver



Qu'est ce qui vous a incité à vous investir dans le domaine scientifique?

Au cours de ma première année de lycée, je me suis beaucoup intéressée aux sciences en général. C'était un moyen de comprendre comment le monde fonctionne. Je me souviens très bien du moment en chimie où notre professeur nous expliquait comment le soleil brûle l'hydrogène pour produire de l'énergie. J'ai établi la connexion avec nos récents cours de biologie où l'on nous avait expliqué comment les plantes utilisent les rayons du soleil par la photosynthèse pour produire de l'hydrate de carbone. L'idée que nous fonctionnons tous grâce aux rayons du soleil m'a alors traversé l'esprit. J'imagine que ces moments de sagacité sont ce qui conduit tous les chercheurs. Le vaste regard sur la nature du monde que la science nous donne est ce qui me passionne.

Quand avez-vous commencé à vous intéresser à la métallogénie magmatique?

Quand je suis arrivée à l'université, j'ai réalisé que la géologie couvrait un spectre d'idées

encore plus large et plus excitant : les montagnes bougent, la lune était auparavant plus proche du soleil et à cette époque les marées étaient bien plus hautes et les jours plus longs. Pour la plus grande partie de l'histoire de la Terre, il n'y avait pas de vie sur nos continents, etc... J'ai fini par allier mon intérêt pour la chimie et la géologie, pour devenir géochimiste. Quand j'ai commencé à travailler à l'Institut géologique de Namibie, j'ai été chargée du projet de recherche de nickel dans des roches ultramafiques, ce qui, ultérieurement, s'est finalement transformé en recherches en métallogénie magmatique. Je ne peux pas dire que des enseignants ou professeurs à l'université m'aient inspiré, mais beaucoup d'entre eux m'ont impressionnée, encouragée et guidée car ils étaient en même temps passionnés par leur spécialité et par l'enseignement. Je voulais faire le même métier qu'eux plus tard et être aussi passionnée qu'ils l'étaient.

Est-ce que vous ou votre laboratoire bénéficiez de l'utilisation de techniques et d'outils innovants?

Notre laboratoire occupe une place centrale dans mon travail. Au cours de ces 15 dernières années une nouvelle technique – la spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif avec prélèvement par ablation laser – s'est développée. Elle nous permet de déterminer la concentration d'une grande variété d'éléments dans les minéraux. Notre travail en est à ses débuts mais il semblerait que les minéraux qui se sont formés dans les gisements de minerai ont des compositions subtilement différentes des autres. Nous suivons cette piste.

Bénéficiez-vous de collaborations dans vos recherches?

La principale forme de collaboration dont je bénéficie est auprès de mes doctorants et chercheurs post-doctorants. Chacun d'entre eux se voit attribuer un projet de recherche

concernant une partie du cycle de la formation des horizons minéralisés. Au départ j'en sais plus qu'eux, mais au cours du projet ils développent des techniques, visitent d'autres sites d'exploration et d'autres laboratoires. A la fin ce sont eux qui en savent plus que moi. Les liens avec l'industrie sont importants à la fois pour que les recherches restent pertinentes vis-à-vis du monde réel et également pour que les étudiants puissent établir des contacts professionnels à la fin de leurs études. La collaboration avec d'autres chercheurs est aléatoire. Dans certains cas ils nous fournissent des informations et échantillons de gisements particuliers auxquels nous n'avons pas accès pour des raisons politiques ou commerciales. Dans d'autres cas, il arrive qu'ils viennent utiliser nos laboratoires ou bien nous nous déplaçons pour utiliser les leurs, en fonction du type d'analyses dont nous avons besoin. Actuellement nous collaborons étroitement avec des chercheurs d'Australie, Chine, Canada, Finlande, Espagne et Royaume Uni.

Qu'est ce qui vous enthousiasme au sujet de l'évolution future et de la reconnaissance de la géochimie et des sciences de la Terre en général?

Pour moi, la chose la plus stimulante concernant les sciences de la Terre restent les mêmes que lorsque j'ai débuté. Les concepts étudiés sont extrêmement vastes : comment les éléments se forment, comment est-il possible qu'à l'origine il n'y avait pas de lune (une plus petite planète est entrée en collision avec la proto-Terre pour former ce qui est devenu aujourd'hui la Terre et la Lune), ou bien encore des problèmes plus pragmatiques tels que les changements climatiques qui vont causer l'augmentation du niveau de la mer ou des tornades qui vont augmenter en intensité. Parallèlement à cela, mes recherches personnelles nécessitent d'étudier en profondeur les gisements de minerai rares et par conséquent je dois voyager dans des endroits reculés, ce qui est un véritable plaisir.

Analyser les gisements d'origine magmatique

Les recherches en cours à l'**Université du Québec** explorent les principaux processus liés à l'évolution des magmas, dans l'espoir d'améliorer l'efficacité de la localisation des ressources inexploitées jusqu'à l'extraction du métal

LOIN SOUS LA SURFACE DE LA TERRE, des processus sont en cours qui contribuent à la formation de magma riche en métal. Ce magma remonte à la surface et s'épanche en tant que lave, ou bien reste piégé dans l'écorce terrestre. Dans certains cas, lorsqu'il reste piégé, des minéraux des sulfures et des oxydes cristallisent et s'accumulent. Ces minéraux contiennent des métaux de valeur, comme le nickel, le platine, le chrome, le titane et le vanadium, et c'est ainsi que se forment les gisements magmatiques de minerai.

Un groupe de scientifiques de l'Université du Québec est en train de mener des recherches sur le comportement de ces métaux à chaque stade du processus d'accumulation pour que nous ayons une meilleure compréhension de la formation de ces gisements de minerai. Dirigés par Sarah-Jane Barnes, l'actuelle titulaire de la chaire de recherche du Canada en métallogénie magmatique, leur travail consiste à fournir des méthodes et techniques de pointe pour l'étude et l'analyse des minerais.

IDENTIFIER LA PRÉSENCE DE MINÉRAI

Il est à espérer que l'équipe soit capable de déterminer un ensemble de techniques qui pourront aider à localiser et extraire des gisements de métaux dans le futur. Comme Barnes l'explique, dans la mesure où la grande partie de la surface du globe a été explorée à la recherche de métaux, il y a probablement très peu de gisements encore non découverts à la surface. Pour cette raison de nouvelles méthodes sont nécessaires pour pouvoir découvrir du minerai caché par des roches plus récentes mais stériles, ou encore par les sols et la végétation. "Notre approche, qui est basée sur la compréhension des processus impliqués dans la formation des gisements, nous permet de déterminer si tous les ingrédients nécessaires pour

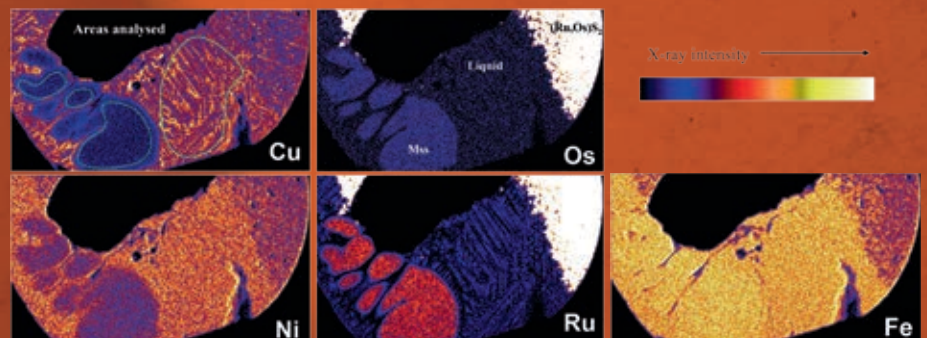
leur formation sont présents," explique-t-elle. Une fois que ceci a été confirmé, il devient alors possible d'analyser les concentrations en métaux des roches fraîches, et ainsi en savoir plus au sujet de ce qui peut se cacher à proximité. Si on estime que les roches ou les minéraux ont un contenu en métaux normal, alors les métaux n'ont pas été concentré à partir de cette roche alors un dépôt minéralisé ne serait pas formé. Mais si ces roches sont appauvries en métaux, alors il y a une plus forte probabilité de trouver un gisement magmatique à proximité.

En analysant quand et pourquoi les minéraux des sulfures et des oxydes contenant les métaux se séparent du magma, et où ils s'accumulent dans la chambre magmatique, l'équipe de chercheurs peut savoir si c'est un gisement d'intérêt. Ce type d'analyses implique que Barnes et son groupe doivent réaliser des travaux de recherche intensifs, parfois dans des coins reculés du monde. Ils collectent des échantillons de types de roches particulières et élaborent des cartes afin de localiser où les gisements métallifères sont trouvés. Dans des zones recouvertes par les sols et la végétation, des échantillons peuvent être collectés dans le lit de cours d'eau ou dans des dépôts glaciaires. Différents types de roches ont été étudiés, notamment des gisements de sulfure de nickel de Raglan au Nord du Québec, des métaux du groupe du platine des mines d'Impala en Afrique du Sud, des horizons de chromite du Great Dyke du Zimbabwe et des oxydes de fer et de titane de l'intrusion de Sept-îles au Québec.

EXAMINER LA DISTRIBUTION DES MÉTAUX

L'étude d'échantillons de roches est effectuée à LabMaTer, Université du Québec à Chicoutimi, spécialisé dans l'analyse des matériaux provenant de gisements – en particulier les roches enrichies en minéraux des sulfures et des oxydes. De fines

Cartes de la distribution d'éléments dans des charges expérimentales. Ces expérimentations sont menées de manière à reproduire la formation de gisements naturels et déterminer quels éléments se retrouvent associés ensemble.



INTELLIGENCE

MÉTALLOGÉNIE MAGMATIQUE / GISEMENTS MINÉRAUX D'ORIGINE MAGMATIQUE

OBJECTIFS

Améliorer la connaissance scientifique des processus qui mènent à la formation de gisements de minerais de certains métaux dans des roches en fusion.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

Collaborateurs actuels

Professeur D Baker, McGill University, Canada

Dr Steve Barnes, CSIRO, Australia

Professeur WD Maier, University of Oulu, Finland

Dr Rubèn Pina, Complutense University, Spain

Dr Xie-Yan Song, Chinese Academy of Science, Guiyang

Dr H Prichard, University of Cardiff, UK

FINANCEMENT

Conseil de recherches en sciences naturelles et Programme de Chaires de Recherche du Canada

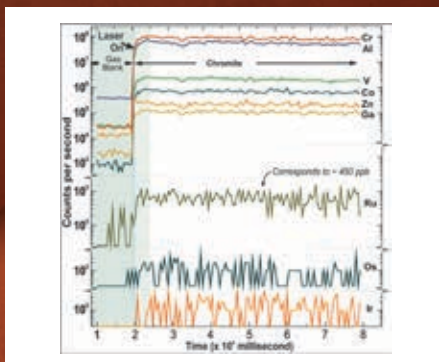
CONTACT

Professeure Sarah-Jane Barnes
Chercheuse Principale

Sciences de la Terre,
Université du Québec à Chicoutimi
555 boulevard de l'université
Chicoutimi
Québec
Canada
G7H 2B1

T +1 418 545 5011 x 5274
E sjbarnes@uqac.ca

SARAH-JANE BARNES est une géomichiste renommée dans le monde entier qui travaille sur les métaux précieux et les métaux usuels associés. Son travail cible en premier lieu la compréhension de la formation des gisements magmatiques de nickel, de platine et de chrome.



Profils géochimiques d'une chromite par ablation au laser (**gauche**). Excursion sur l'Intrusion Skaergaard, au Groenland (**en haut**).

tranches de chaque roche sont découpées et examinées au microscope afin de déterminer les minéraux qui y sont présents et quelle texture ils présentent. Ces fines sections donnent seulement une image en 2D – par conséquent, pour des échantillons d'une importance particulière, les scans par tomographie par ordinateur (CT) sont menés sur de petits cubes de roches afin d'avoir une idée des relations 3D des minéraux. Les études de texture sont importantes pour deux raisons : d'abord pour interpréter comment les minéraux se forment et ensuite pour la séparation de deux minéraux pendant l'exploitation des gisements.

Une fois que les études de texture sont effectuées, la composition des minéraux et des roches entières peut être déterminée. La composition des minéraux est déterminée en utilisant un laser ou des rayons X ciblés sur chaque minéral en faisant passer le signal du rayon dans un détecteur, calibré pour les minéraux des sulfures et des oxydes. Pour pouvoir déterminer la composition des roches dans leur ensemble, elles doivent être écrasées en une poudre très fine pour l'homogénéiser. En fonction des éléments que l'on souhaite déterminer, différents traitements sont effectués. Pour les éléments du groupe du platine et l'analyse isotopique, la poudre est dissoute dans des acides forts à haute pression et la solution est analysée en utilisant la spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif. Pour trouver du nickel ou du cuivre, la poudre est dissoute dans des acides doux à pression ambiante et est ensuite analysée en utilisant la spectrométrie par absorption atomique. La présence de soufre et de carbone est déterminée par le chauffage instantané de la poudre dans un four à infrarouge. Pour la plupart des autres éléments, on utilise l'analyse par activation neutronique par laquelle des échantillons sont irradiés dans un réacteur et l'activité de leurs rayonnements gamma est mesurée.

En combinant les études de texture, minéralogiques et les études géochimiques globales des roches,



Des sédiments contenant des sulfures provenant du Nord du Québec.

on peut en construire une image complète. Ces informations sont utilisées de 2 façons : d'abord pour mettre en place de meilleures méthodes d'exploration des gisements, ensuite pour simuler la façon dont les gisements de minerais se sont formés à travers un travail expérimental mené par le Professeur Don Baker à l'Université Mc Gill.

ASSURER LA DURABILITÉ

Avec une demande croissante de ressources naturelles comme les métaux et les minéraux, un équilibre doit être trouvé entre répondre à la demande et assurer la durabilité. Barnes fait remarquer que les métaux et leur usage sont intégrés aux débats environnementaux, ce qui tourne autour de la façon dont la génération actuelle extrait et utilise les métaux, tout en laissant un environnement sain pour la génération future. "Comme c'est le cas pour l'extraction et l'utilisation, nous devons développer un cycle de gestion « du berceau au tombeau » pour l'extraction et les produits faits de métaux. " D'après elle, cela nécessite que la réhabilitation des mines et des usines d'extraction soit prises en compte dans la planification de toute nouvelle activité d'exploitation. Le recyclage est également un point critique pour assurer que les produits métalliques soit extraits à la fin de leur cycle de vie et réutilisés pour d'autres dispositifs. Ces recommandations sont hautement réalisables et deviennent petit à petit la norme, mais la réalité d'atteindre un système à circuit fermé est très dépendant de la volonté économique et politique d'une nation.

Barnes et les autres chercheurs se sont focalisés sur les moyens d'identifier de nouvelles sources de semi-métaux comme le sélénium, le tellure, l'indium et l'antimoine pour lesquelles la demande s'est récemment développée. Cela s'explique par le nombre de nouveaux gadgets et de cellules solaires qui ont besoin de ces éléments. L'équipe de la Chaire a fréquemment observé ces éléments dans leurs échantillons de gisements : "Nous sommes à présent en train d'essayer de comprendre le comportement de ces éléments pour qu'ils puissent être exploités en même temps que le nickel et le platine, qui ont traditionnellement une valeur bien plus importante, " conclue Barnes. Ce sont ces types d'efforts qui vont permettre d'assurer que les ressources de métaux inexploitées puissent être découvertes, et également que l'extraction de ces minéraux puisse être optimisée, fournissant ainsi une nouvelle dynamique à une industrie qui est d'une importance capitale pour les peuples du monde entier.