



# GÉOSCOPE

LE JOURNAL D'INFORMATION DU DÉPARTEMENT DE GÉOLOGIE ET DE GÉNIE GÉOLOGIQUE DE L'UNIVERSITÉ LAVAL

## Mot du directeur



Voici le dernier numéro de Géoscope pour l'année universitaire 2009-2010. Ce numéro suit de près l'annonce d'importantes subventions de recherche qui vont augmenter le volume de la recherche au département par le recrutement de nombreux étudiants gradués et de stagiaires. Préparez vos textes pour la rentrée en septembre prochain!

Bonne lecture!

René Therrien, directeur

## Agenda

### Activités passées :

**19 avril 2009.** Conférence: Odyssée au Nunavik par Daniel Lamothe, MNRNF

Le Grand Nord québécois est le territoire de prédilection d'un peuple extraordinaire : les Inuits. Venez découvrir leur habitat nordique et la beauté du Nunavik avec le géologue Daniel Lamothe de Géologie Québec. Daniel Lamothe travaille pour Géologie Québec depuis 1981, d'abord comme pionnier de la géologie la Province du Churchill (Ceinture de l'Ungava) et dans le Supérieur (terrains granulitiques de l'Ashuanipi). Depuis 1999, il est affecté à l'évaluation du potentiel minéral du territoire québécois. Il a développé une expertise et des outils inédits pour évaluer le potentiel minéral à partir de toutes les données géoscientifiques de la base de données, c'est-à-dire la géologie, la lithogéochimie, la géochimie de l'environnement secondaire et la géophysique. Il a obtenu en novembre 2008 le Marteau d'Or, remis pour réalisations exceptionnelles par le MRNF à un employé de Géologie Québec; et en 2009, il s'est vu décerner le prix "Mérite géoscientifique" remis par l'Ordre des Géologues du Québec. Daniel est aussi un excellent communicateur. Au cours des années, il a participé à de nombreuses activités de sensibilisation aux sciences de la Terre auprès de non initiés et du grand public. Commanditée d'Agnico-Eagle, de l'Association minière du Québec, de COREM, de Fasken Martineau, de Gestion SODEMEX inc., d'Instrumentation GDD

inc., de Mines Virginia et de Soutex inc.

## Présentation des projets de fins d'études

**Catherine Savoie**

### *Drainage des chaussées*

Le travail réalisé dans le cadre d'un projet de fin d'étude s'inscrit à l'intérieur du thème 1 (comportement des matériaux et des structures de chaussées) de la chaire de recherche industrielle du CRSNG sur l'interaction charges lourdes – climat - -Chaussées (titulaire: Prof. Guy Doré, Département de génie civil). Il consiste à étudier l'effet qu'engendre l'ajout d'un géocomposite drainant sur le drainage et les comportements mécaniques d'une chaussée. Un modèle de laboratoire représentant une section de route a été réalisé afin d'obtenir des données précises sur les comportements hydriques et mécaniques du système en conditions contrôlées. Pour ce faire, une cuve de 1,2 mètre de diamètre par 1,3 mètre de hauteur a servi à reproduire une section de route. Un système en quatre couches incluant un sol d'infrastructure (till), une sous-fondation (sable), une fondation (MG-20) et un revêtement (enrobé bitumineux) était reproduit dans la cuve pour recréer de manière réaliste la section de chaussée.

Deux essais ont été réalisés dans le cadre de ce projet restreint. Le premier, qui servait de témoin, consistait à inonder la cuve et à noter le taux de drainage de celle-ci grâce à la présence de différents capteurs installés dans les couches et d'un piézomètre placé à la hauteur de la première couche. Durant la période de drainage, la réponse mécanique du système était mesurée à l'aide d'un déflectomètre portable. L'ajout d'un géocomposite drainant sur les parois de la cuve a permis d'évaluer l'efficacité d'un système de type « écran de rive » pour activer le drainage et la récupération mécanique de la chaussée lors de la réalisation d'un deuxième essai. Le drainage et par de fait même la prise de mesure se sont étendus sur 15 jours. Les résultats de récupération de module et de déflexion ont permis d'observer une amélioration globale de ces paramètres dans le cas de la cuve avec géocomposite. Le drainage des couches granulaires dans la deuxième cuve a présenté une augmentation du taux de drainage comparativement aux données de la cuve de référence. L'amélioration du taux de drainage de l'infrastructure a toutefois été minime. Les résultats sont limités par la présence de la paroi de la cuve qui engendre une zone d'écoulement préférentielle même sans la présence d'un écran drainant. De plus, la grande séparation des tubages composant le drain laisse croire que ce dernier n'était pas très bien adapté à ce type d'essai. Malgré ces maigres résultats, ce projet restreint a

accomplit son rôle de préparation dans le but d'un projet d'envergure qui sera réalisé sur une chaussée en vraie grandeur dans la fosse du SERUL à la Forêt Montmorency à compter de l'été 2010. Il a permis de pousser la réflexion sur les différentes configurations qui seront utilisées au SERUL et l'élaboration d'une méthodologie de travail.

## Jennifer Blain

### *La chimie minérale des sables éoliens de la Mauritanie*

L'étude de la composition chimique des oxydes de fer peut mener à la détermination des types de gîtes minéraux d'où ils proviennent. C'est dans cette optique que la composition des grains d'hématite et de magnétite provenant de 4 échantillons des sables éoliens de la Mauritanie a été étudiée à la microsonde. Les résultats obtenus ont été incorporés aux diagrammes discriminants créés par G. Beaudoin et C. Dupuis afin d'identifier les types de gîtes qui leurs sont associés et ainsi découvrir le potentiel minéral du pays. Or, il a été déterminé que 3.4% des grains analysés seraient associés à des gîtes de type Ni-Cu-EGP et 5% seraient apparentés à des sulfures massifs volcanogènes ce qui laisse croire que le potentiel de rencontrer ces derniers en Mauritanie est relativement faible comme il a été observé précédemment lors des campagnes géologiques. Ensuite, 8.5% des échantillons seraient associés à des gîtes de type « Iron Oxyde Copper Gold » ce qui sous-entend que le potentiel de ce type de gîte en Mauritanie semble meilleur par rapport aux deux précédents. Un gisement d'IOCG nommé Guelb Moghreïn est d'ailleurs en exploitation et plusieurs autres prospects sont localisés dans les Mauritanides. Du côté des minéralisations de type Opémiska, le faible potentiel d'en retrouver en Mauritanie a été confirmé comme 1 grain seulement sur les 59 analysés leur serait apparenté. Ensuite étonnamment, 8.5% des grains analysés semblent apparentés à des gîtes de type Kiruna bien que 3 de ces grains soient toutefois également classés dans le champ des skarns. Ainsi, bien qu'il n'existe pas de prospect connu de type Kiruna en Mauritanie à ce jour, les résultats obtenus suggèrent qu'il existerait un potentiel lié à ce type de gîte. Quant à la possibilité de retrouver des porphyres et des gîtes de Fe-Ti en Mauritanie, elle semble assez faible dans les deux cas comme 1.7% des grains analysés figurent respectivement dans leur champ, ce qui correspond aux observations effectuées lors des visites géologiques. Du côté des formations de fer rubanées, l'étude des diagrammes discriminants n'a pas permis d'associer avec certitude des oxydes de fer à cette variété de minéralisation ce qui est étonnant comme la Mauritanie possède plusieurs mines appartenant à la SNIM qui en exploitent. Encore plus inattendu, 53% des grains de la Mauritanie seraient reliés à des skarns bien qu'aucun de ces derniers ne soit connu dans le pays. Le skarn recensé le plus près du terrain à l'étude est celui de Falémé au Sénégal où la composition de 5 magnétites provenant de ce site a été comparée à celle des oxydes de fer de la Mauritanie. Il n'est cependant pas possible d'affirmer pour le moment qu'ils seraient de la même provenance et il n'est donc pas exclu que la Mauritanie puisse posséder un grand potentiel encore inexploré pour ce type de gîte. Enfin, comme 15% des grains n'ont pas pu être classés à partir des diagrammes discriminants, il est possible que ce pays recèle d'autres types de minéralisation tels que des gîtes de chromite ou d'Au mésothermal.

## Julie Lavoie

### *Géothermobarométrie du massif de Xiugugabu, Tibet*

Les vestiges des fonds océaniques se retrouvent parfois coincés sur terre au plus grand plaisir des amateurs. Il est alors possible d'en apprendre un peu plus sur ces roches contenant du manteau. Ce projet s'imbrique dans les activités du groupe GÉO (Génèse et Évolution des Ophiolites) en étudiant les intrusions de filons couches mafiques du massif Xiugugabu, qui représente une partie de la suture ophiolitique de Yarlung Zangbo, au Tibet. L'objectif principal de ce travail est de réussir à exploiter au maximum le matériel fourni, soit des lames minces et des analyses géochimiques provenant de la microsonde, dans le but de se familiariser avec la notion de métamorphisme et comprendre un peu mieux la formation des filons couches à l'étude. Pour ce faire, les lames ont été étudiées à l'aide du microscope polarisant tandis que l'analyse des compositions chimiques a permis de créer divers diagrammes de classification à l'aide du logiciel Iqpet et d'appliquer différents géothermobaromètres. Ces analyses ont montré un magma hydraté contenant majoritairement des magnésiohornblendes et des tschermakites de haute température et moyenne pression. Les amphiboles brunes, de plus hautes températures, seraient donc arrivées avant l'apparition des amphiboles vertes, de plus basse température, et des phénomènes d'altérations telles la chloritisation et la séricitisation. Enfin, il y aurait eu passage du milieu ductile à un milieu fragile menant à l'apparition de fractures et à la précipitation d'épidote. Quant aux minéraux magmatiques autres que l'amphibole brune, ils sont composés d'augites, de diopsides et de feldspaths plagioclases de composition bytownite, labrador et anorthite. Ensuite, différents géothermobaromètres ont été utilisés dans cette étude afin de déterminer la pression et la température de formation des minéraux. Certains d'entre eux utilisent les échanges entre l'amphibole et le plagioclase ou entre le clinopyroxène et l'orthopyroxène, alors que d'autres utilisent la teneur en titane. Les modèles les plus concluants présentent des températures d'environ 600°C à 650°C pour les amphiboles vertes et 700°C à 850°C pour les amphiboles brunes. Il est cependant difficile de statuer sur la provenance des fluides ayant permis leur formation puisque que le diagramme du Chlore en fonction du Fluor (en pourcentage d'oxydes) ne montre pas de tendance. Enfin, les intrusions de filons couches se seraient mises en place dans l'ophiolite lorsque cette dernière était encore chaude, soit sur le plancher océanique. Les amphiboles de ce magma correspondent d'ailleurs au mélange ophiolitique typique de la région bien que chaque partie de la suture possède ses particularités.

## Anthony Franco De Toni

### *Complexe anorthositique de Rivière-Pentecôte : l'indice Coudon*

L'indice Coudon fait partie du complexe anorthositique de Rivière-Pentecôte, composé d'une suite d'anorthosites, leuconorites, leucotroctolites et de norites enracinés dans la ceinture allochtone polycyclique du Grenville. Le site à l'étude se trouve à la bordure de ce complexe sur une zone de cisaillement où affleure une pyroxénite contenant des sulfures de Ni-Cu-Co et EGP. La minéralisation serait visiblement d'origine magmatique donc cogenétique de l'édification du complexe ainsi que syngénétique de la déformation qui aurait eu lieu au cours d'une phase d'extension continentale. Ce projet de fin d'études a pour objectif de caractériser

le type de minéralisation ainsi que les lithologies encaissantes grâce à des observations sur le terrain, une étude macroscopique et microscopique des échantillons et des analyses chimiques des minéraux à la microsonde.

L'étude pétrographique et géochimique s'est concentrée sur les 8 affleurements qui forment l'indice Coudon. La minéralisation (pyrrhotite, pyrite, chalcopyrite) est disséminée dans la pyroxénite tandis que dans la norite, elle arbore un aspect bréchiq ue et disséminé. Les lithologies minéralisées ont une texture adcumulat d'hypersthène de forme arrondie avec des sulfures, des plagioclases et des amphiboles comme phase interstitielle. Les sulfures en phase interstitielle indiquent que leur origine est contemporaine de la pyroxénite et la norite. Toutefois, il n'y a pas de preuve irréfutable quant à la similarité des magmas qui ont générés ces unités minéralisées et l'anorthosite.

En ce qui a trait au potentiel métallogénique, les analyses totales de roches rapportent des teneurs de 0,66% Ni et 0,68% Cu et 0,25% Co recalculées à 100% pour les sulfures. Quelques flammes de pentlandite ont été aperçues dans la pyrrhotite et à l'interface pyrrhotite-chalcopyrite. Leurs tailles étaient toutes inférieures à la dimension requise pour concentrer le nickel par processus de flottaison. La valorisation de cette propriété pourrait se poursuivre à l'aide de forages visant à recouper des zones minéralisées plus abondantes en sulfures et en métaux. L'indice Coudon et la propriété B20, localisée à proximité, montrent des similarités avec le gisement de Voisey's Bay où la présence d'olivines est responsable de son étonnant potentiel métallifère.

## Nicolas Lachance

*Identification de la répartition des lanthanides, de l'yttrium, du zirconium, de l'uranium et du thorium de l'indice de Sheffield (Témiscamingue, Québec)*

Les lanthanides sont des éléments qui suscitent de plus en plus d'intérêt. Ils sont souvent considérés comme des métaux de haute technologie. Ils sont notamment utilisés pour des aimants permanents, comme catalyseur dans l'industrie pétrolière et dans des lentilles de caméra. L'indice de Sheffield, qui fait partie du complexe alcalin de Kipawa, au Témiscamingue, est composé de syénites et d'une zone de skarn s'étant développée au contact de l'intrusion. Il présente un enrichissement en éléments des terres rares et en éléments à forts potentiel ionique (Y, Zr, U et Th). Cela se traduit par une minéralogie particulière comprenant des minéraux comme la britholite, la vlasovite, l'ékanite et la gittinsite. La caractérisation de la distribution spatiale de cette minéralogie passe par l'utilisation du microscope à lumière polarisant, du microscope électronique à balayage (MEB) et de la microsonde. Les analyses effectuées via la microsonde permettent de constater une bonne répartition des terres rares, autant dans les syénites que dans le skarn, alors que le Th se limite aux roches contenant des phases plus mafiques. Les calculs structuraux permettent d'identifier la britholite et l'eudialyte comme phases principales contenant des terres rares, alors que le thorium se retrouve dans l'ékanite. Cette minéralogie diffère de ce qui avait été identifié lors d'une étude précédemment menée sur le même site.

## Maude Lévesque Michaud

*Caractérisation des dykes mafiques associés aux minéralisations de la Zone 2, Extension du gisement Westwood, Camp Minier Doyon-Bousquet-LaRonde, Sous-province de l'Abitibi, Québec.*

Le camp minier Doyon-Bousquet-LaRonde est un des plus prolifiques de l'Abitibi. Le gisement Westwood est constitué de trois corridors minéralisés orientés est-ouest empilés du nord vers le sud, soit la Zone 2 Extension, le corridor Nord et le corridor Westwood-Warrenmac. Bien que la stratigraphie et les minéralisations soient bien connues, plusieurs détails sont encore à décrire afin de bien définir le contexte géologique. Entre autres, la présence de dykes mafiques a été détectée dans la Zone 2 Extension, hôte d'une minéralisation de veines de quartz aurifères. Il a été jugé pertinent de caractériser ces dykes mafiques, leurs unités volcaniques encaissantes et de définir l'altération hydrothermale. L'objectif est également de placer les dykes mafiques au sein de la stratigraphie et d'étudier la relation possible avec les veines de quartz minéralisées. Sur la base d'études pétrographiques, d'analyses lithogéochimiques, d'analyses de la chimie minérale à la microsonde électronique et d'analyses géochimiques par fluorescence-X, il a été possible de former différents groupes de dykes et d'unités volcaniques. Le dyke principal, qui regroupe la plupart des échantillons, présente un faciès à porphyroblastes de chlorite et épidote. Une altération à chlorite affecte l'ensemble de ces échantillons de dykes mafiques. Les patrons d'éléments traces montrent des pics négatifs en niobium, tantale et titane, ainsi qu'un léger pic positif en europium. L'hypothèse d'une corrélation entre ces dykes mafiques et ceux présents dans la Zone 2 du gisement Doyon a dû être mise de côté, car les profils géochimiques des dykes de Doyon ne correspondent pas à ceux étudiés à Westwood. Par contre, l'hypothèse d'un lien entre les dykes mafiques et les veines minéralisées à Westwood reste encore à prouver. Malgré la présence de veines de quartz à l'intérieur des dykes mafiques, celles-ci ne sont pas minéralisées et ne font donc pas partie de l'ensemble des veines aurifères. Les dykes mafiques sont ainsi absents de minéralisation. De plus, il n'a pas été possible d'observer de recoupement entre les dykes mafiques et les veines minéralisées afin d'établir une chronologie relative. Advenant qu'il y ait eu la circulation de fluides hydrothermaux à l'intérieur des dykes mafiques pour alimenter les veines minéralisées, celle-ci n'aurait laissé aucune trace de minéralisation, et le métamorphisme très important dans la région empêche de déterminer l'origine de l'altération des dykes mafiques.

## Jonathan Arel

*Caractérisation des amphibolites dans la région du Namcha Barwa et de la Zone de Suture de Yarlung Zangbo.*

L'Himalaya et le plateau Tibétain résultent de la collision entre l'Inde et l'Eurasie. La zone de suture du Yarlung Zangbo contient les restants de l'océan qui les séparait avant. Le segment occidental est beaucoup moins étudié. C'est dans le cadre du projet GÉO (Génèse et Évolution des Ophiolites) que s'inscrit ce travail de caractérisation et de synthèse des amphibolites du Namcha Barwa et de la Zone de Suture du Yarlung Zangbo. Ces amphibolites sont retrouvées sous forme de 1) boudins dans des gneiss felsiques ou 2) sous forme de lentilles dans un mélange ophiolitique. La géochimie de ces magmas mafiques est très peu documentée et il existe une confusion quant à savoir lequel des deux segments



représente la zone de suture. La problématique étant ici de déterminer l'affinité géodynamique des magmas formant les lentilles amphibolitiques de ces deux zones. Les concentrations en divers éléments traces permettront de distinguer s'il s'agit d'un magma de type MORB, BABB, OIB, CAB etc., contribuant à la compréhension du contexte géodynamique de la région. La région du Namche Barwa représente le dernier élément oriental de la suture entre le continent Indien et le continent Asiatique. Celle-ci est déformée par un vaste antiforme résultant de la collision entre les deux marges continentales, passive du côté indien et active du côté asiatique. La ceinture d'amphibolites à grenat et clinopyroxène encaissée dans les gneiss migmatitiques du cœur de l'antiforme est caractérisée par un métamorphisme de haut grade et de haute pression. Le mélange ophiolitique contenant des lentilles mafiques entoure le Namcha Barwa et est caractérisé par une minéralogie plus fine et moins métamorphisée, tels que des schistes verts et des amphibolites. Ainsi, pour caractériser cet environnement, les amphibolites ont été divisées en quatre groupes en fonction de leur minéralogie, de leur faciès métamorphique et de leur granulométrie. En couplant l'observation faite en lames minces des échantillons avec la géochimie de la roche totale, il est alors possible de faire ressortir l'affinité magmatique des amphibolites et de caractériser les deux zones. Il sera alors possible de trouver la provenance du magma et d'identifier clairement où se trouve la suture témoignant de la collision continent-continent qui a eu lieu il y a environ 50 millions d'années.

## Présentation des stages

(Cours : Formation pratique en milieu de Travail GGL 3603)

### Éric Marcil

Stage chez Xstrata zinc / mine Persévérance, Matagami, Qc

Au cours de l'hiver 2010, il m'a été possible d'effectuer un stage dans l'industrie minière. Sous la tutelle des professionnels de la compagnie Xstrata, c'est à la mine Persévérance située à Matagami en Abitibi que j'ai pu parfaire mes connaissances de ce milieu de travail animé. Pour faire un bref résumé, la mine, en production depuis le troisième trimestre de l'année 2008, exploite un riche gisement de zinc, cuivre, or et argent de plus de 5 millions de tonnes et à de très faibles profondeurs. Soit moins de 250 mètres de la surface. C'est par une rampe d'accès que la machinerie peut descendre aux différents niveaux de la mine établis à tous les 25 mètres. Le stage était divisé en deux parties. Pour la première moitié, mon travail fut orienté vers la campagne de forages de définition du nouveau projet « Bracemac-McLeod ». Projet conjoint d'Xstrata avec la compagnie d'exploration Donner Metals Ltd. Ma définition de tâche allait comme suit : je devais assister le géologue de projet afin de faire la lecture de carottes de forage « logging », participer à la mise en section des traces de forages sur le logiciel Autocad (Amine) et finalement, effectuer la supervision du site de forage afin d'assurer un respect des normes de sécurité de la compagnie. Ce faisant, assurer un milieu de travail sécuritaire pour tous les foreurs. La campagne de forages terminée, la compagnie nous a permis de suivre les formations modulaires du travailleur minier (FMTM) nécessaires à toute personne devant travailler dans une mine souterraine. Pour les 3 dernières semaines du stage, j'ai pu

travailler directement à la mine Persévérance et assister le géologue de production dans ses fonctions. Entre autres, prendre le pouls de la mine quotidiennement afin de s'assurer que la roche dynamitée soit catégorisée adéquatement (haute, moyenne, basse teneur, talc ou remblai). Ce faisant, on confirmait ou non la validité du bloc modèle et on s'assurait que le minerai soit transporté dans la bonne pile de réserve. Enfin, un cours rapport de la visite géologique journalière devait être rédigé et envoyé au département de géologie et d'ingénierie afin de les aviser des opérations en cours dans la mine. De plus, les divers indices structuraux décelés (failles, joints/diases, schistosité) pouvant nécessiter une attention particulière lors du dessin du patron de boulonnage pour le soutènement devait être portés à leur attention.

## Des nouvelles du groupe de géophysique

Le groupe de Pétrophysique dirigé par Paul Glover a présenté plusieurs communications à l'Eupean Union of Geosciences à Vienne en mai. En voici les résumés :

Geophysical Research Abstracts  
Vol. 12, EGU2010-2515-2, 2010  
EGU General Assembly 2010  
© Author(s) 2010

*Dependence of streaming potential on grain diameter and pore throat radius*

### Nicholas Déry and Paul Glover

Université Laval, Département de géologie et de génie géologique,  
Québec, Canada (paglover@ggl.ulaval.ca, +1 (418) 656 7339)

The Helmholtz-Smoluchowski (HS) equation is commonly used to relate the streaming potential coupling coefficient of porous media to a range of pore fluid parameters and the zeta potential of the rock. It contains no implicit dependence upon grain size, pore size or pore throat size. We have developed a form of the HS equation that depends on grain size, and compared it with another model, the conventional HS equation and the only previously available experimental data. While the standard HS model cannot match the data, either of the other two models can. Recognising the sparseness of experimental data, we have measured the streaming potential coupling coefficient for 12 sizes of bead and two fluid salinities. The new experimental data show that while both non-conventional models fit the new data very well, the model developed in this work is better when the model has no adjustable parameters. We have also developed equations that describe how the coupling coefficient varies with pore diameter and pore throat diameter. We have compared experimental determinations as a function of pore throat diameter with the new model and found it to match very well if the ratio of the mean pore diameter to the pore throat diameter is 1.627, which is valid for random distribution of monodisperse spheres. The zeta potential has been calculated from both models and found to be approximately constant and in agreement with the theoretically predicted values. This work provides relationships for the variation of streaming potential coupling coefficient as a function of (i) grain size, (ii) pore radius, and (iii) pore throat diameter (for

cubic, tetragonal and random packing), as well as a high quality dataset of streaming potential coupling coefficients as a function of grain size, pore radius and pore throat diameter.

Geophysical Research Abstracts  
Vol. 12, EGU2010-2517, 2010  
EGU General Assembly 2010  
© Author(s) 2010

*Permeability models of porous media: Characteristic length scales, scaling constants and time-dependent electro-kinetic coupling*

**Paul Glover and Emile Walker**

Université Laval, Département de géologie et de génie géologique,  
Québec, Canada  
(paglover@ggl.ulaval.ca, +1 (418) 656 7339)

Four important models that describe the fluid permeability of geological porous media and that are derived from different physical approaches have been rewritten in a generic form that implies a characteristic scale length and scaling constant for each model. The four models have been compared theoretically and using experimental data from 22 bead packs and 188 rock cores from a sand-shale sequence in the UK sector of the North Sea. The Kozeny-Carman model did not perform well because it takes no account of the connectedness of the pore network, and should no longer be used. The other three models (Schwartz, Sen and Johnson (SSJ), Katz and Thompson (KT) and the so-called RGPZ) all performed well when used with their respective length scales and scaling constants. Surprisingly, we have found that the SSJ and KT models are extremely similar, such that their characteristic scale lengths and scaling constants are almost identical even though they are derived using extremely different approaches; the SSJ model by weighting the Kozeny-Carman model using the local electric field, the KT model using entry radii from fluid imbibition measurements. The experimentally determined scaling constants for each model were found to be  $c_{SSJ} \approx c_{KT} \approx 8/3$  and  $c_{RGPZ} \approx 3$ . Use of these models with AC electrokinetic theory has also allowed us to show that these scaling constants are also related to the  $\alpha$  value in the RGPZ model and the  $m^*$  value in time-dependent electrokinetic theory, and then derive a relationship between the electrokinetic transition frequency and the RGPZ scale length, which we have validated using experimental data. The practical implication of this work for permeability prediction is that the Katz and Thompson model should be used when fluid imbibition data is available, while the RGPZ model should be used when electrical data is available.

Geophysical Research Abstracts  
Vol. 12, EGU2010-2518, 2010  
EGU General Assembly 2010  
© Author(s) 2010

*A generalized Archie's law for n-phases*

**Paul Glover**

Université Laval, Département de géologie et de génie géologique,  
Québec, Canada  
(paglover@ggl.ulaval.ca, +1 (418) 656 7339)

Archie's Law has been the standard method for relating the conductivity of a clean reservoir rock to its porosity and the conductivity of the fluid saturating its pores for over 60 years. Initially an empirical relationship for a narrow range of rocks and porosities, it has found wide application and has more recently been verified by more analytical methods as well as extended for use when the surface conduction is significant such as at low salinities and in clay-bearing lithofacies. However, Archie's law remains applicable only when the matrix remains non-conducting. A modified version which allowed a conductive matrix was published in 2000. Here we present a generalized form of Archie's law for any number of phases. Examination of the general law shows it to be formally the same as the traditional Archie's law and modified Archie's law for 1 and 2 conducting phases, respectively. The generalized law has also been examined in detail for three phases and semi-quantitatively for four phases. Unfortunately, the law in its most general form is very difficult to prove experimentally. Instead we have carried out numerical modeling in three dimensions to demonstrate that it behaves well for a system consisting of four interacting conducting phases.

Geophysical Research Abstracts  
Vol. 12, EGU2010-2526-2, 2010  
EGU General Assembly 2010  
© Author(s) 2010

**Can an electro-kinetic mechanism explain artificial earthquakes?**

*Guillaume Cyr (1), Paul Glover (1), and Victor Novikov (2)*

(1) Université Laval, Département de géologie et de génie géologique, Québec, Canada  
(paglover@ggl.ulaval.ca, +1 (418) 656 7339), (2) Joint Institute for High Temperatures of Russian Academy of Sciences

Researchers of the Joint Institute for High Temperatures of the Russian Academy of Sciences have carried out a large number of current injection experiments using a 4.2 km long dipole at the Bishkek Research Station in the Chu valley area of the Kyrgyz mountains (northern Tien Shan). The current is generated using Pulsed Magneto-Hydrodynamic (MHD) generators that can produce 2800 amperes at 1350 volts for up to 12.1 seconds. They have found that the number of earthquakes in the region within 150 km of the injection site increased by over 10 standard deviations of the background seismicity. The probability of this occurring by chance is only one in every thousand million million ( $10^{15}$ ) measurements. It is certain, therefore, that we can generate earthquakes by current injection. However, no satisfactory physical mechanism for it currently exists. Paul Glover has suggested that an electro-kinetic mechanism may be the missing causal link. In his theory the injected current creates a three-dimensional electric field in the subsurface. The electro-kinetic mechanism uses the electric field to move the pore fluid at depth. If the pore fluid flows into a fault zone it may accumulate and transiently raise the pore fluid pressure within the fault zone. It is known that increases of pore fluid pressure within fault zones more than a critical pressure of 0.05 MPa are sufficient to trigger

an earthquake if the fault has sufficient accumulated strain. Earthquakes are therefore possible while the pore fluid pressure is over the critical pressure. While the electro-kinetic drive has been well studied around the world, it is uncertain if the mechanism can provide fluid pressures sufficient to trigger earthquakes up to 150 km from the injection point. In this work we present two dimensional numerical modelling of the proposed coupled mechanism using a finite element approach and using the software package Comsol Multiphysics. The initial results are promising and indicate that (i) transient pressures greater than the critical pressure can be easily generated by the mechanism, (ii) the transient pressures in the model farther than 200 m from the electrodes can take values of up to 2 MPa (40 times the critical value), (iii) the transient pressures remain above the critical value up to 160 km from the dipole, which is consistent with the range of the field experiments. However, the modelling has only been able to generate the transient pressures quasi-instantaneously. There is a clear delay in the field experiment data of two days between current injection and earthquake occurrence. We cannot currently account for this in our modelling, although research is continuing.

Geophysical Research Abstracts  
Vol. 12, EGU2010-2531, 2010  
EGU General Assembly 2010  
© Author(s) 2010

*A theoretical model of streaming potential and zeta potential in rocks*

**Paul Glover (1), Emilie Walker (1), and Matthew Jackson (2)**

(1) Université Laval, Département de géologie et de génie géologique, Québec, Canada (paglover@ggl.ulaval.ca, +1 (418) 656 7339), (2) Imperial College, Department of Earth Science and Engineering, London, UK

The Helmholtz-Smoluchowski (HS) equation is commonly used to relate the streaming potential coupling coefficient of porous media to a range of pore fluid parameters and the zeta potential of the rock. We have carried out fundamental theoretical modelling of the streaming potential coupling coefficient as a function of pore fluid salinity, pH and temperature. To do this we have modelled the electrical conductivity, dielectric permittivity and dynamic viscosity of the bulk fluid, calculated the Debye screening length, Stern plane potential, zeta potential and surface conductance of the rock, and combined them all with parameters that describe the rock microstructure. The resulting theoretical values have been compared with a compilation of 289 streaming potential coupling coefficient measurements and 218 zeta potential measurements obtained experimentally for 9 materials and using data from 27 authors in total. The theoretical model was found to describe well the main features of the data taken either globally or on a sample by sample basis. The low salinity regime was found to be controlled by surface conduction and rock microstructure, and was sensitive to changes in porosity, cementation exponent, formation factor, grain size, pore size and pore throat size as well as specific surface conductivity. The high salinity regime was found to be subject to a zeta potential threshold that allows the streaming potential coupling coefficient to remain significant even as the saturation limit is approached.

Geophysical Research Abstracts  
Vol. 12, EGU2010-2533-2, 2010  
EGU General Assembly 2010  
© Author(s) 2010

*Conceptual design of an apparatus for measuring frequency-dependent streaming potential of porous media*

**Eric Tardif (1), Emilie Walker (1), Paul Glover (2), and Jean Ruel (2)**

(1) Université Laval, Département de génie mécanique, Québec, Canada, (2) Université Laval, Département de géologie et de génie géologique, Québec, Canada (paglover@ggl.ulaval.ca, +1 (418) 656 7339)

Electro-kinetic phenomena link fluid flow and electrical flow in porous and fractured media such that a hydraulic flow will generate an electrical current and vice versa. Such a link is likely to be extremely useful, especially in the development of the theory of the electro-seismic method. However, surprisingly little experimental determination, numerical modeling and theoretical development have taken place, and what exists is for steady state flow. There have been only a few attempts at making experimental determinations of the frequency-dependent streaming potential coupling coefficient because of their difficulty, and only one rare measurement made on rocks. Here we have considered six different approaches to making laboratory determinations of the frequency-dependent streaming potential coupling coefficient. In each case, we have quantified the practical difficulties involved in each method. We conclude that the electro-magnetic drive and the piezo-electric are the only approaches that are practicable with current technology. We have also constructed a simplified trial apparatus using the electro-magnetic drive to test the conceptual design with samples in the form of sands and beads. Tests with this apparatus on Ottawa sandstone and glass bead packs have shown that high quality measurements of the frequency-dependent streaming potential coupling coefficient can be made, and we are currently extending its frequency range. Tests have indicated that it is important to ascertain whether the measured frequency-dependent streaming potential coupling coefficient is independent of the volume of fluid passing through the sample per cycle. We have used our experience with the trial apparatus to design a new apparatus for a 1 cm diameter sample, and with the help of an engineering approach we have determined the range of possible sample permeabilities for samples between 0.5 and 2 cm in length. The new cell will have a maximum confining pressure of compressed nitrogen of 4.5 MPa and is made from stainless steel and nylon. The pressures on each side of the sample are measured using specialized dynamic pressure transducers with a frequency range of 80 mHz to 170 kHz. The streaming potentials are measured with miniature non-polarising Ag/AgCl electrodes from Cypress Systems. This apparatus is currently being evaluated.

Geophysical Research Abstracts  
Vol. 12, EGU2010-3634, 2010  
EGU General Assembly 2010



*Measuring the DC electro-kinetic coupling coefficient of porous rock samples in the laboratory : A new apparatus*

**Emilie Walker (1), Eric Tardif (2), Paul Glover (1), Jean Ruel (2), Guillaume Lalande (2), and John Hadjigeorgiou (3)**

(1) Département de géologie et de génie géologique, Université Laval, Québec, Canada (walker.emilie.1@ulaval.ca , paglover@ggl.ulaval.ca; Fax: +1 418-6567339), (2) Département de génie mécanique, Université Laval, Québec, Canada, (3) Department of Civil engineering, University of Toronto, Toronto, Canada

Electro-kinetic properties of rocks allow the generation of an electric potential by the flow of an aqueous fluid through a porous media. The electrical potential is called the streaming potential, and the streaming potential coupling coefficient is the ratio of the generated electric potential to the pressure difference that causes the fluid flow. The streaming potential coupling coefficient for rocks is described in the steady-state regime by the well known Helmholtz-Smoluchowski equation, and is supported by a relatively small body of experimental data. However, the electrokinetic coupling coefficient measurement is important for the further development of different area of expertise such as reservoir prospecting and monitoring, volcano and earthquake monitoring and the underground sequestration of carbon dioxide. We have designed, constructed and tested a new experimental cell that is capable of measuring the DC streaming potential of consolidated and unconsolidated porous media. The new cell is made from stainless steel, perspex and other engineering polymers. Cylindrical samples of 25.4 mm can be placed in a deformable rubber sleeve and subjected to a radial confining pressure of compressed nitrogen up to 4.5 MPa. Actively degassed aqueous fluids can be flowed by an Agilent 1200 series binary pump (2 to 10 mL/min). A maximum input fluid pressure of 2.5 MPa can be applied, with a maximum exit pressure of 1 MPa to ensure sample saturation is stable and to reduce gas bubbles. The pressures each side of the sample are measured by high stability pressure transducers (Omega PX302-300GV), previously calibrated by a high precision differential pressure transducer Endress and Hauser Deltabar S PMD75. The streaming potentials are measured with Harvard Apparatus LF-1 and LF-2 Ag/AgCl non-polarising miniature electrodes. An axial pressure is applied (1 to 6.5 MPa) to counteract the radial pressure and provide additional axial load with a hydraulic piston. It is our intention to complete the testing of the cell and to use it to measure the electrokinetic properties of porous rocks in the DC regime in order to provide sufficient data to improve the theories and models of DC streaming potentials.

Geophysical Research Abstracts  
Vol. 12, EGU2010-3729, 2010  
EGU General Assembly 2010  
© Author(s) 2010

*Minerals on postage stamps: A mix of art, history, economics and geography*

**Paul Glover Université Laval, Département de géologie et de génie géologique, Québec, Canada (paglover@ggl.ulaval.ca, +1 (418) 656 7339)**

Most people would agree that minerals represent some of the most beautiful natural objects known to mankind, especially in the form of precious and semi-precious gemstones. It is hardly surprising, therefore, that they are often illustrated on stamps. Examples are the fine crystalline forms represented as coloured etchings in the French 1986 issue, and the stylized simplicity of the mineral stamps that were part of the Swiss Pro Patria series, issued annually between 1958 and 1961. I aim, in this presentation, to introduce the beautiful world of mineral illustrations on stamps. The talk cannot be comprehensive because of the very large number of minerals and stamps concerned, but it will introduce the range of minerals depicted on stamps, then look in some greater detail at several sets from France, Southern Africa and East Germany. Minerals become the subject of sets of stamps for many reasons. In many cases, it is part of an attempt by the particular national post office to depict the whole of the natural history of their country in stamp form – a statement of nationality and politics. The 1986 French issue was an example which followed sets of stamps that had already portrayed insects, flowers, trees and birds native to France. We also find that certain countries have produced several sets of stamps to mark the importance to their economy of mining particular minerals. Many African states depend upon minerals for much of their wealth and economic power, explaining why, for instance, Sierra Leone issued over 35 stamps on the subject of diamonds between 1965 and 1978, and why over 77% of mineral stamps come from countries with major mining interests. Countries with traditional links with the history of the study of geology and mining also produce mineral stamps. These are usually European countries with a long record of the study of the Earth, such as Germany and Switzerland. Curiously enough, though, despite its fine tradition of geological observation and research, the United Kingdom has never produced a stamp depicting rocks or minerals.

## Rayonnement du département

Jean-Michel Lemieux a été nommé éditeur associé pour la revue Hydrogeology Journal publiée par l'Association Internationale des Hydrogéologues (AIH) pour la période 2010-2013.

## Subventions majeures

Projet de recherche sur la carbonatation minérale de la serpentine : financé par le FQRNT pour la période 2010-2013. Montant accordé \$250 000/3ans. Participent à ce projet G. Beaudoin, M. Constantin, J. Duchesne, R. Hébert, J.-M. Lemieux, J. Molson et F. Larachi du département de génie chimique.

Projet de recherche sur les eaux souterraines : les professeurs en hydrogéologie du département viennent d'obtenir deux importantes subventions du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. Ces deux subventions, octroyées dans le cadre du Programme d'acquisition de connaissances des eaux souterraines du Ministère, visent à dresser le portrait régional de la ressource en eau souterraine pour deux régions du Québec, soit la Communauté Métropolitaine de Québec

et l'Outaouais. Le montant total des deux subventions atteint 1.5 millions de dollars, auquel s'ajoutent des contributions de 800 000 dollars des nombreux partenaires locaux pour chaque projet (villes, Municipalités Régionales de Comté et organismes de bassin versant). Les professeurs Jean-Michel Lemieux, John Molson et René Therrien seront responsables de ces deux projets régionaux qui permettront d'embaucher des professionnels de recherche en hydrogéologie. De plus, les projets permettront de recruter 2 étudiants au doctorat et 5 étudiants à la maîtrise, ainsi que plusieurs étudiants stagiaires au baccalauréat. Les partenaires scientifiques pour ces projets seront l'INRS-ETE et la commission géologique du Canada. Les projets ont démarré le 1er avril 2010 et sont d'une durée de trois ans.

## Bourse

Un étudiant du Département de géologie et de génie géologique au nombre des récipiendaires d'une bourse Vanier

Le 13 mai dernier, l'honorable Tony Clement, ministre de l'Industrie, a officiellement dévoilé le nom des étudiants de doctorat qui, en 2010, seront financés dans le cadre du Programme de bourses d'études supérieures du Canada Vanier, le plus prestigieux programme de bourses de doctorat du pays. Les 174 boursiers de cette année proviennent du Canada et du reste du monde, et certains sont parmi les plus talentueux étudiants de doctorat des États-Unis, de l'Europe, de l'Asie et de l'Afrique qui optent pour une université canadienne afin de poursuivre leurs études. Ils ont été choisis en raison de leur évidente capacité de leadership et du caractère exceptionnel de ce qu'ils ont accompli en matière de recherche dans le cadre de leurs études supérieures en sciences humaines, en sciences naturelles et en génie ainsi que dans le domaine de la santé.

Nous avons la chance de compter un étudiant de notre département au sein du groupe sélect des récipiendaires d'une bourse Vanier en 2010, soit M. Léandro Sanchez. Le projet de doctorat de M. Sanchez, sous la supervision du Professeur Benoit Fournier, porte sur le développement d'outils d'investigation de l'état d'endommagement actuel et du potentiel résiduel d'expansion des infrastructures en béton affectées par l'alcali-réaction.

## 25 ans de service

La cérémonie "25 ans de service" de l'Université Laval du 20 mai 2010 a honoré le Département de géologie et de génie géologique :

Réjean Hébert, professeur depuis 1984

Martin Plante, technicien chimiste depuis 2001 (avant au Département de chimie).

## Jour de la Terre

Le Département de géologie et de génie géologique avait un kiosque à Laurier samedi le 17 avril dans le cadre du Jour de la Terre (normalement le 22). Plusieurs autres organismes de la région ont également participé : MRNF, CGQ, Musée de Miguasha, Société de paléontologie, Club de minéralogie, etc...

Plusieurs milliers de visiteurs se sont arrêtés à un des nombreux kiosques et ce fut un franc succès. Un gros merci aux bénévoles

qui ont offert leur temps pour faire de cette activité un succès et en particulier le fort contingent d'étudiant(es) de première année. C'est tout à votre honneur!

Voici la liste des bénévoles : Tom Feininger, Éric David, André Lévesque, Palingwendé Laure Nadège Ouédraogo, Stéphanie Larmagnat, Isabelle Hébert, Catherine Boudreau, Mérouane Rachidi, Laurie-Pier Vézina, Benoit Charrette, Quentin Duboc.



## Philatélie et géologie

La France a émis cette année une série de timbres illustrant des minéraux bien connus.

## Union Session US4

### History, culture, art and religion in the geosciences

(sponsored by Epsilon Energy Ltd.)



Thursday, 06 May 2010

Room D

13:30 – 15:15

### Associated Event

SPM1.57 History, culture, art and religion:  
Panel and audience discussion (public)

Thursday, 06 May 2010 Room 6

18:00 – 19:00





Le journal d'information du département de Géologie  
et de Génie géologique de l'Université Laval  
Pavillon Pouliot, 4<sup>ème</sup> étage  
Université Laval, Québec  
G1V0A6

---

<http://www.ggl.ulaval.ca>  
[journal@ggl.ulaval.ca](mailto:journal@ggl.ulaval.ca)

**Rédacteur en chef** : Réjean Hébert

**Logo** : Réjean Hébert (idée), Félix-Antoine Comeau (conception)

**Spécialiste informatique** : Pierre Therrien

**Corrections éditoriales** : Danielle Pichette

Le Géoscope est publié bi-mensuellement lors des sessions automnale et hivernale et financé par le Département de Géologie et Génie géologique de l'Université Laval.

**Date de tombée pour le prochain numéro** : 21 octobre 2010.

Envoyez vos articles en remorque à l'adresse ci-contre, de préférence dans un fichier de traitement de texte Word. Les textes ne devraient pas dépasser 500 mots. Les images seront reçues de préférence en format .jpg selon une résolution de 300 dpi.