

CARACTERISATION DES RESSOURCES MINERALES DE LA MINE MANGANESE DE BOU ARFA (ENTRE LE SITE ET LE LABORATOIRE)

Maha Ben Tahar

Laboratoire de géophysique appliquée, de géotechnique, de géologie de l'ingénieur et de l'environnement (L3GIE), Université Mohammed V, Maroc

Les ressources minérales constituent un des éléments clés du développement de l'humanité. Qu'il s'agisse des ressources énergétiques, des métaux, des matériaux de construction, des minéraux industriels ou des pierres précieuses, ce sont des éléments essentiels au bien-être des hommes. Pourtant, on se heurte d'un côté à la limitation des capacités extractives (gisement, accès...) et de l'autre aux impacts environnementaux. Dans cette perspective, et vu la croissance de la demande mondiale en termes de matières premières minérales, et l'apparition de nouveaux métaux au service du développement technologique et industriel au niveau international, l'implémentation de stratégies innovantes, transformatives des processus et outils - utilisés jusqu'à lors pour l'exploitation des ressources minérales - s'avère une nécessité impérieuse. Pour être en mesure de s'adapter à ces changements, et en procédant suivant le principe de l'entonnoir, passant du terrain naturel qui offre une panoplie d'éléments à observer, mesurer, et interpréter, à l'expérimentation à travers des essais mécaniques sur les échantillons dans leur état brut, les analyses au laboratoire, et toute autre méthode permettant aux géologues de connaître la constitution minéralogique des roches sur une échelle très affinée. Dans ce travail, toute la lumière est mise sur les méthodes et techniques adoptées pour l'analyse des échantillons de minéraux aussi bien sur terrain qu'après leur prélèvement pour l'analyse minière dans des laboratoires de hautes technologies, afin d'identifier leur composition chimique, et tout élément trace exploitable économiquement, conformément aux normes et règlements de l'exploitation, en gardant le souci du non-respect de l'environnement que peut générer une extraction non responsable de certains éléments métalliques. L'utilisation de ces pratiques a un double objectif, matérialisé par la détection d'éléments valorisants et pénalisants ainsi que les terres rares, résultats qui vont être utilisés pour l'avancement de l'industrie minière et pour le progrès de la science.

CONTRAINTES GEOCHIMIQUES ET GEOCHRONOLOGIQUES DU GRANITE A METAUX RARES DE MAYO SALAH, NORD CAMEROUN

Hilaire Dakouré¹, Periclex Fosso Tchunte², Anne-Sylvie André-Mayer¹, Rigobert Tchameni², Marc Poujol³, François Turlin¹

1 : Géoresources, UMR7359, Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy, France

2 : Université de Ngaoundéré, Ngaoundéré, Cameroun

3 : Géosciences Rennes, UMR6118, Université de Rennes 1, Rennes, France

La localité de Mayo Salah, dans le domaine du Nord-Cameroun de la Central African Fold Belt est constituée de formations métavolcano-sédimentaires néoprotérozoïques (800-700 Ma), dans lesquelles se mettent en place plusieurs générations de granites panafricains (680-570 Ma). De récentes études réalisées sur l'un de ces massifs ont montré que ce dernier est un leucogranite présentant cinq faciès : Leucocratic Fine Grain (LFG) ; Leucocratic Coarse Grain (LCG) ; Opaque Coarse Grain (OCG) ; pegmatite et granite à muscovite (MsG). Une minéralisation à Nb et Ta s'y exprime sous la forme d'oxydes disséminés, généralement associés aux micas, et synchrones à la mise en place du granite. Les données géochimiques révèlent un leucogranite légèrement peralumineux (Al_2O_3 moles = 0,12-0,16 ; CaO moles = 0-0,02 ; (Na_2O+K_2O) moles = 0,05-0,20) avec des teneurs anormales en Nb (15-94 ppm) et Ta (3,5-49 ppm). Les teneurs en Nb et Y (9-221 ppm) évoquent un granite intraplaque. Le Nb et le Ta se situent dans les pyrochlores et colombo-tantalites qui apparaissent sous la forme de cristaux prismatiques ou tabulaires présentant de faibles rapports $Mn/(Mn+Fe)=0,02-0,86$ et $Ta/(Ta+Nb)=0,03-0,65$. Les pyrochlores montrent une auréole d'altération riche en Ta et Y. Dans les LCG, les analyses U-Pb par LA-ICP-MS sur colombo-tantalite et sur monazite donnent respectivement des âges de $603,2 \pm 5,3$ Ma et $597,1 \pm 7,9$ Ma. Les OCG sont un peu plus jeunes et affichent des âges de $588,3 \pm 5$ Ma (U/Pb sur colombo-tantalite) et $581,6 \pm 7,2$ Ma (U/Pb sur monazite). Ces âges sont associés au stade D2 de la ceinture panafricaine au nord du craton du Congo. Le granite de Mayo Salah est un leucogranite faiblement peralumineux d'origine crustale qui a subi un fort degré de fractionnement et minéralisé en Nb-Ta. La minéralisation est d'origine magmatique mais l'auréole d'altération des pyrochlores suggère un phénomène hydrothermal mineur. Cette minéralisation s'est faite concomitamment avec la mise en place du granite durant la phase D2 de l'orogénèse panafricaine.

COMPORTEMENT MAGMATIQUE ET HYDROTHERMAL DE L'URANIUM DANS LES LEUCOGRANITES PERALUMINEUX SYNTECTONIQUES : LE CAS DES LEUCOGRANITES CARBONIFERES FERTILES EN URANIUM DU MASSIF ARMORICAIN.

Christophe Ballouard¹, Marc Poujol¹, Philippe Boulvais¹, Julien Mercadier², Romain Tartèse³, Marc Jolivet¹, Torsten Vennemann⁴, Armin Zeh^{5,6}, Etienne Deloule⁷, Marie-Pierre Dabard¹, Michel Cathelineau², Michel Cuney²

1 : Géosciences Rennes, UMR6118, Université de Rennes 1, Rennes, France

2 : Géoressources, UMR7359, Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy, France

3 : Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France

4 : Institute of Earth Surface Dynamics, Géopolis, University of Lausanne, Lausanne, Suisse

5 : Institute for Geosciences, Goethe University, Frankfurt, Germany

6 : Institute for Applied Geosciences, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

7 : Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques, UMR 7358, Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy, France

Dans la chaîne hercynienne européenne, la majorité des minéralisations uranifères (filons ou épi-syérites) est représentée par des gisements hydrothermaux spatialement associés à des leucogranites peralumineux d'âge Carbonifère. Ainsi, dans le Massif Armoricaïn, 20000 tonnes d'uranium ont été extraits principalement des trois districts uranifères associés aux leucogranites syntectoniques de Mortagne, Guérande et Pontivy. Les leucogranites de Pontivy et de Guérande, qui font l'objet de ce travail, se sont mis en place, respectivement, à ca. 315 et 310 Ma ; le premier en contexte décrochant le long du Cisaillement Sud Armoricaïn et le second en contexte extensif dans la zone sud Armoricaïne. Dans le district de Pontivy, la minéralisation est localisée dans le leucogranite ou au contact avec son encaissant métasédimentaire. Dans le district de Guérande, la minéralisation s'est mise en place principalement au contact entre des schistes noirs et des métavolcanites situés structuralement au-dessus de la zone apicale du leucogranite avec quelques minéralisations intragranitiques moins importantes. Les âges U-Pb et les signatures isotopiques en Hf obtenus sur les zircons hérités des leucogranites du Massif Armoricaïn suggèrent la contribution de Carbonifère inférieur dans la source de ces intrusions fertiles en uranium. Ensuite, l'étude pétro-géochimique et géochronologique des leucogranites et de leur minéralisation associée permet de proposer un modèle métallogénique. Ainsi dans le district de Guérande, la différenciation du leucogranite vers 310 Ma a induit la cristallisation d'oxyde d'uranium à l'apex de l'intrusion. Vers 300 Ma, des circulations de fluides hydrothermaux oxydants d'origine météorique dans les facies déformés de l'apex ont induit la mise en solution de ces oxydes. Enfin, les fluides ont pu précipiter leur uranium dans les failles au contact entre les métavolcanites et les schistes noirs environnants qui ont joué le rôle de piège réducteur. Ces circulations hydrothermales ont pu se produire dans la région jusqu'à 275 Ma.

ETUDE DE L'ENRICHISSEMENT EN TERRES RARES DU VOLCAN TAHAA (POLYNESIE FRANÇAISE). APPROCHE EXPERIMENTALE ET ANALYSE DE LA BASE DE DONNEES EXPERIMENTALE

Zineb Nabyl¹, Fabrice Gaillard¹, Jérémie Melleton^{1,2}, Johann Tuduri²

1 : Institut des Sciences de la Terre d'Orléans, UMR 7327, Université d'Orléans, Orléans, France

2 : Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, France

Le volcan Tahaa, situé en Polynésie Française, présente un cas particulier d'enrichissement en terres rares : en effet, une coulée de basalte picritique présente une teneur en Terres rares (REE) de 0.2%. Des phases minérales riches en REE ont été formées par des processus supergènes, mais elles ne sont connues que dans cette unique coulée. Un pré-enrichissement d'origine magmatique est donc supposé. Des expériences simulant l'immiscibilité entre liquides silicatés et carbonatés (1200 à 1300°C, 0.7 à 3 GPa) ainsi que des expériences de fractionnement du basalte (1050 à 1100°C, 0.5 GPa) ont été réalisées afin d'identifier le rôle des processus mantelliques (interaction avec une carbonatite en profondeur) ou des processus de différenciation (partage des REE entre liquides fractionnés et cristaux) dans les phénomènes de pré-enrichissements. Les expériences d'immiscibilité ont permis d'obtenir un liquide silicaté très pauvre en SiO₂ (26 à 28%) coexistant avec un liquide carbonaté (1200°C, 1.5 GPa). Les liquides résiduels obtenus par fractionnement du basalte sont très différenciés par rapport au basalte de départ (enrichis en SiO₂). Les concentrations en REE des différentes phases (liquides et cristaux) ont été mesurées à l'ICP-MS par ablation laser, puis les coefficients de partage liquide carbonaté - liquide silicaté et clinopyroxène - liquide silicaté (DREE(Cpx/LS)) ont été calculés. Les DREE(Cpx/LS) obtenus pour les expériences d'immiscibilité sont plus élevés que ceux obtenus pour les expériences de fractionnement du basalte. Les liquides pauvres en silice sont ainsi moins enrichis en REE que les liquides différenciés par rapport aux clinopyroxènes. Il semble donc qu'il y ait un contrôle important de la chimie du liquide sur le partage des REE entre clinopyroxènes et liquides silicatés. Ces expériences ainsi qu'une analyse de la base de données expérimentale ont permis de montrer que les processus d'enrichissements en REE qui ont pu affecter le basalte picritique étudié dépendent donc du système chimique.

EVALUATION OF THE MAGNETIC SIGNAL AS A TRACER TO ENLIGHTEN THE EVENTS OF EXHUMATION-DENUATION OF PORPHYRY-CU MINERALIZED SYSTEMS IN THE SEDIMENT INFILL OF ADJACENT BASINS IN NORTHERN CHILE.

Hector Pizarro^{1,2}, Sonia Rousse², Eduardo Campos¹, Rodrigo Riquelme¹, Sébastien Carretier²

1 : Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile

2 : Géosciences Environnement Toulouse, OMP, CNRS, IRD, UMR-5563, Université Toulouse III, Toulouse, France

The Centinela Basin located in northern Chile corresponds to an adjacent basin to the Mirador and Esperanza Cu-porphyrries. This basin is filled by four coarse-grained Neogene units (i.e. Esperanza Strata, Atravesado Strata, El Tesoro Strata and Arrieros Strata (Riquelme et al.,), reflecting different sedimentation environment linked to climatic variations (between arid to hyperarid). These units also contain interbedded paleosoils and exotic-Cu mineralization. The gravels come from the erosion of the Precordillera and from erosion of porphyry-Cu mineralized systems, from which clastic fragments of the different hydrothermal alteration zones are found. Deposition of the sediments started in the late Eocene (Maksaev, 1990). Sedimentary deposit can contain about 5wt% of Fe-oxides with characteristic composition and grain sizes (Dunlop and Özdemir, 1997). The Fe-oxide minerals can be of detrital and/or authigenic origin, making them potential recorders of climatic and/or environmental conditions (Evans and Heller, 2003). In this context, the goal of this study is to investigate the magnetic signal in the stratigraphic record and its relation with the exhumation-denudation history of porphyry-Cu mineralized systems, subsequent sediment production and deposition in adjacent basins. Preliminary results indicate that the magnetic signal is dominated by magnetite and titanomagnetite. The Fe-oxides are mainly of detrital origin and a relation can be found between the magnetic properties and the sedimentation environment/climatic conditions surrounding the formation of these deposits. We propose that the arid-hyperarid conditions of the Atacama Desert combined with the low degree of Fe-minerals authigenesis has helped to preserve in the gravel matrix the magnetic signal linked to the exhumation-denudation history of porphyry copper and Precordilleran erosion. Magnetic properties of the matrix of coarsed-grained sediments can therefore be used to understand the link between the denudation of porphyry-Cu mineralized systems and sedimentation environment/climatic conditions that prevailed during the filling of the Centinela basin.

EVOLUTION TECTONIQUE DE LA PARTIE MALIENNE DE LA BOUTONNIERE DE KEDOUGOU-KENIEBA (BKK) : IMPLICATION POUR LA MINERALISATION EN OR

Mahamadou Diallo^{1,2}, David Baratoux², Lenka Baratoux², Gregory Duffr chou², Saidou Ly¹, Olivier Vanderhaeghe², Mark Jessell³

1 : Ecole Nationale d'Ingénieurs de Bamako (ENI-ABT), Bamako, Mali

2 : Géosciences Environnement Toulouse, OMP, CNRS, IRD, UMR-5563, Université Toulouse III, Toulouse, France

3 : University of Western Australia, Crawley, Australia

La boutonnière de Kédougou-Kéniéba (BKK) fait partie des formations Pal oproterozoiques (birrimiennes) du Craton Ouest Africain (COA) couvrant une superficie de 22 000 Km². Elle est bordée à l'ouest par une chaîne panafricaine, les Mauritanides et à l'Est, par les sédiments phan rozoiques du bassin de Taoudéni. La BKK est composée de terrains de gneiss granitiques séparés par des ceintures linéaires (ceintures de roches vertes) de matériaux métasédimentaires et métavolcaniques accrétés durant l'orog nese Eburn enne. Dans un contexte de raréfaction des ressources minérales, la découverte de nouveaux gisements requiert une caractérisation du contexte tectonique de formation de ces minéralisations. L'objectif de cette étude est de documenter le contexte tectonique des minéralisations aurifères de la partie malienne de la boutonnière de Kédougou-Kéniéba (BKK) en caractérisant la position structurale des gisements d'or et en identifiant le contexte tectonique ayant conduit à la mobilisation, au transfert et au dépôt de l'or localisé au sein de la boutonnière de Kédougou-Kéniéba au Mali. Ce travail combine les études de terrain et de laboratoire qui sont essentielles à la compréhension de l'évolution des déformations structurales et de leur relation avec la minéralisation. La cartographie géologique, géométrique, cinématique et géologie structurale analytique, l'échantillonnage pour les études de pétrologie et de géochronologie ainsi que des données de sondages seront entreprises durant des sorties de terrain le long de la zone d'étude. L'utilisation et l'interprétation des données géophysiques seront combinées aux travaux de terrain et de laboratoire, y compris les données magnétiques, gravimétriques, électriques (IP) et radiométriques.

ITABIRITES DE LA CHAÎNE DE TOKADEH, BEETON, GANGRA, ET DE YEULLITON (REGION DE NIMBA, YEKEPA, LIBERIA)

Mohamed Samuel Moriah Conte

La région de Nimba, située dans le quadrilatère de Sanniquellie au Nord du Libéria, est constituée principalement de deux séries de roches des formations métavolcano-métasédimentaires (Yekepa et Nimba), d'une épaisseur d'environ 1400 m. Ces formations sont largement représentées dans la série de Nimba qui forment plusieurs chaînes de montagnes dont celles de Nimba et de Tokadeh-Gangra-Yeulliton. Elles entourent plus ou moins la vallée centrale des roches de la série de Yekepa. Les formations supérieures de la région de Nimba sont constituées de roches métasédimentaires, ayant une épaisseur de 700 mètres dans la chaîne de Nimba à l'Est, avec une extension de celles-ci, sous la forme de schistes pélitiques dans la chaîne de Tokadeh-Gangra-Yeulliton, à l'Ouest. Les formations inférieures sont, quand à elles, constituées de roches métavolcaniques, représentées par les schistes amphibolitiques de la Vallée de Seka ayant une épaisseur d'environ 700 mètres. Les Itabirites de Nimba, d'environ 250 à 450 mètres d'épaisseur, sont situées principalement dans les formations métasédimentaires. Elles sont intercalées entre les deux principales formations pélitiques (formations de Gbalm et d'Alpha) des deux chaînes de la série de Nimba. Localement, le métamorphisme régional avec des conditions de pressions et de températures variables, a affecté les roches de la série de Nimba entraînant des variations granulométriques et minéralogiques des roches et des structures tectoniques. Le gradient métamorphique augmente de la chaîne de Nimba vers la chaîne de Tokadeh-Gangra-Yeulliton. Les itabirites de Nimba sont formées d'oxyde de fer recristallisé et composé essentiellement de quartz, magnétite et/ou d'hématite. Les analyses chimiques des itabirites indiquent qu'elles sont probablement dérivées de l'altération chimique des roches supérieures métavolcaniques. L'altération chimique de la masse basaltique semble avoir lieu dans des conditions de kaolinitisation de marais stagnant sous un climat qui favorise la libération du fer lors de l'altération.

LE FRACTIONNEMENT DU NB-TA DANS LES GRANITES PERALUMINEUX COMME MARQUEUR DE LA TRANSITION MAGMATIQUE-HYDROTHERMALE

Christophe Ballouard¹, Marc Poujol¹, Philippe Boulvais¹, Yannick Branquet², Romain Tartèse³, Jean-Louis Vignerresse⁴

1 : Géosciences Rennes, UMR6118, Université de Rennes 1, Rennes, France

2 : Institut des Sciences de la Terre d'Orléans, UMR 7327, Université d'Orléans, Orléans, France

3 : Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France

4 : Géoressources, UMR7359, Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy, France

Dans les systèmes granitiques, la transition magmatique-hydrothermale marque le passage entre un système dominé par des interactions entre magmas et cristaux à un système dominé par des interactions entre magmas, cristaux et fluides. Dans les granites peralumineux, l'activité hydrothermale peut induire des mobilités élémentaires importantes et peut mener à la formation de gisements économiquement significatifs en W et en Sn. Le Nb et le Ta sont des éléments lithophiles considérés comme « jumeaux » et sont censés ne pas fractionner au cours des processus géologiques. Pourtant, les rapports Nb/Ta sont très variables dans les granites. Certains auteurs [1] ont montré que dans les magmas peralumineux les rapports Nb/Ta décroissent au cours de la cristallisation fractionnée et d'autres [2] ont montré que le rapport Nb/Ta pouvait fractionner dû à l'interaction avec des fluides orthomagmatiques. Dans cette étude [3], nous démontrons à partir d'une compilation d'analyses géochimiques "roche totale" issues de la littérature que la cristallisation fractionnée seule n'est pas suffisante pour expliquer les variations du rapport Nb/Ta observées dans la majorité des granites peralumineux. Nous notons que la majorité des granites qui présentent des évidences d'interaction avec des fluides ont un rapport Nb/Ta < ~5. Nous suggérons que la décroissance du rapport Nb/Ta dans les granites peralumineux est la conséquence de la cristallisation fractionnée et d'une altération hydrothermale sub-solidus. Nous proposons la valeur Nb/Ta ~ 5 comme marqueur de la transition magmatique-hydrothermale et comme outil de prospection pour discriminer les granites peralumineux stériles des granites associés à des gisements de Sn, W ou métaux rares.

[1] Stepanov, A., Mavrogenes, J.A., Meffre, S., Davidson, P. (2014) *Contrib. Mineral. Petr.* 167, 1009–1016. [2] Dostal, J. and Chatterjee, A.k. (2000) *Chem. Geol.* 163, 207–218.

[3] Ballouard, C., Poujol, M., Boulvais, P., Branquet, Y., Tartèse, R., Vignerresse, J.L. (2016) *Geology* 44, 231-234.

LE MINERAL APATITE : UN NOUVEAU PROXY POUR LA DATATION DES CIRCULATIONS DE FLUIDE ?

Inoussa Kere¹, Marc Poujol¹, Yannick Branquet^{1,2}, Romain Tartèse³, Jean-Marc Baele⁴

1 : Géosciences Rennes, UMR6118, Université de Rennes 1, Rennes, France

2 : Institut des Sciences de la Terre d'Orléans, UMR 7327, Université d'Orléans, Orléans, France

3 : Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France

4 : Université de Mons, Mons, Belgique

L'apatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F},\text{Cl})$) est un minéral accessoire ubiquiste rencontré dans plusieurs types de roches et d'environnements. Ce minéral présente plusieurs particularités qui permettent de travailler sur la caractérisation et/ou la datation des circulations de fluide ou du magmatisme responsables de la mise en place de minéralisations. Il incorpore souvent de l'uranium pendant sa cristallisation, ce qui en fait un excellent candidat pour la datation U-Pb. En plus, l'apatite est aussi datable par les méthodes traces de fission et (U/Th)/He. Ce minéral peut donc apporter des informations à la fois sur l'âge de la minéralisation et sur son exhumation. L'apatite est aussi un excellent piège pour le P, F, Cl, OH et pour les terres rares (REE). Elle peut facilement réagir en présence de saumures, ou de fluides aqueux contenant du CO_2 , HCl, H_2SO_4 et/ou F. Dans plusieurs gisements, sa cristallisation est contemporaine de la mise en place de la minéralisation. Sa température de fermeture ($375\text{-}550^\circ\text{C}$) lui confère un rôle particulier pour la datation des événements hydrothermaux. Par conséquent, l'apatite est, à priori, un excellent proxy pour obtenir des informations sur les fluides minéralisateurs et/ou les magmas fertiles (températures, compositions et âge ou durée des événements), ce qui est nécessaire pour établir un modèle métallogénique. Dans ce travail de Master, des lames minces ont été sélectionnées dans trois gisements d'âge et de contexte différents : la carrière de Saint-Aubin-Des-Châteaux (France) à minerai de fer oolitique ($330\text{-}340$ Ma), le minerai de fer riche en apatite de Kiruna (Suède ; 1.880 ± 0.003 Ga) et le minerai de fer de Cihai (Chine) lié à un skarn (281.9 ± 2.2 Ma). Après des observations en cathodoluminescence, des zones cibles ont été choisies pour des analyses chimiques par EPMA, des isotopes stables par SIMS et pour la datation U-Pb afin de tester le potentiel de ce minéral pour l'étude des gisements.

LISTVENITES DE NOUVELLE-CALEDONIE : MINERALOGIE ET GEOCHIMIE

Jean-Baptiste Mehrabi¹, Julien Leconte¹, Philippe Boulvais¹, Laurent Bailly², Brice Sevin³

1 : Géosciences Rennes, UMR6118, Université de Rennes 1, Rennes, France

2 : Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, France

3 : Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie, BRGM, Nouméa, France

Les listvénites sont des roches carbonatées et silicifiées résultant de l'altération, par des fluides, de corps mafiques à ultramafiques. Souvent, des teneurs anormales en certains métaux sont observées (Au, As, Sb), associées à des sulfures disséminés. En Nouvelle-Calédonie, les listvénites correspondent en surface à des roches cavernueuses silico-ferrugineuses, montrant des teneurs anormales en As, Sb, Hg, W et Au, localisées le long des accidents de contact entre la nappe de péridotite serpentinisée et son substratum. Pour avoir une meilleure compréhension des listvénites de la côte SE de la Nouvelle-Calédonie, une convention de recherche et développement partagée intitulée « Etude sur le potentiel en métaux stratégiques de la Nouvelle-Calédonie » a été signée entre la Direction de l'Industrie, des Mines et de l'Energie de Nouvelle-Calédonie (DIMENC) et le BRGM. Plusieurs sites ont donc été échantillonnés avec comme objectifs, leurs caractérisations minéralogique, géochimique, et isotopique (signatures de fluides profonds vs. fluides superficiels). Dans ce contexte, une étude minéralogique détaillée (1) et des analyses isotopiques en oxygène (2) ont été effectuées dans les veines de quartz et carbonate de 14 échantillons, localisés entre Thio et Canala : (1) Mise en évidence systématique de silicifications massives, des oxy-hydroxydes de fer et des chromites, alors que la carbonatation (magnésite) n'est visible que dans 3 échantillons. Les sulfures disséminés (Ni, Co, Cu, Zn) identifiés au MEB sont mis en relation avec la géochimie élémentaire, et des inclusions fluides exploitables sont présentes dans un échantillon (la microthermométrie est en cours, et des Th de 150 à 250°C ont été identifiées). (2) Caractérisation isotopique en oxygène du quartz et des magnésites dans le but de tracer l'origine du fluide impliqué dans la formation des listvénites. Ces analyses permettront de définir l'origine du fluide, ainsi que d'élaborer un schéma général de formation des listvénites de la côte SE de la Nouvelle-Calédonie.

MINERALISATIONS EN TERRES RARES ASSOCIEES A DES PEGMATITES PERALUMINEUSES TARDI- A POST-OROGENIQUES, PROVINCE DE GRENVILLE, QUEBEC

François Turlin¹, Olivier Vanderhaeghe², Anne-Sylvie André-Mayer¹, Félix Gervais³, Abdelali Moukhsil⁴, Fabien Solgadi⁴, Armin Zeh^{5,6}

- 1 : Géoresources, UMR7359, Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy, France
2 : Géosciences Environnement Toulouse, UMR239, Université Paul Sabatier, Toulouse III, France
3 : Ecole Polytechnique de Montréal, Université de Montréal, Canada
4 : Ministère de l'Énergie et des Ressources Naturelles du Québec, Val-d'Or, Canada
5 : Institute for Applied Geosciences, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany
6 : Institute for Geosciences, Goethe University, Frankfurt, Allemagne
-

La Province de Grenville (Québec, Canada) s'est formée par une longue phase d'accrétion tectonique d'une croûte juvénile à la marge sud-est de Laurentia (Mésoprotérozoïque) puis par la succession de deux phases orogéniques dans deux ceintures : (1) la ceinture Allochtone, comprenant les terrains de l'arrière-pays déplacés au cours de l'orogénèse grenvillienne, métamorphisée au cours la phase Ottawan (~1090-1020 Ma) et dont le métamorphisme prolongé est compatible avec la formation d'une croûte intermédiaire ductile ; et (2) la nappe Parautochtone structurellement en-dessous, regroupant les domaines adjacents au Front de Grenville (FG) et n'ayant subi que peu de déplacements au cours de l'orogénèse, métamorphisée au cours de la phase Rigolet (~1005-980 Ma). La région du Lac Okaopéo (ceinture Allochtone, Grenville central), présente plusieurs dykes de granites pegmatitiques à terres rares (REE), de composition peralumineuse et aux spectres de REE similaires et fractionnés avec un haut rapport LaN/LuN. Ces dykes sont encaissés dans des paragneiss migmatitiques ou des complexes ignés, témoins d'une croûte intermédiaire à superficielle partiellement fondue en faciès des granulites au cours de la phase Ottawan. Les dykes sont discordants sur la foliation des roches encaissantes mais les contacts sont diffus suggérant une mise en place en domaine ductile. Les âges U-Pb sur zircons magmatiques des dykes entre 1000-1005 Ma correspondent au début de la phase du Rigolet. Bien que de composition globalement constante, les dykes encaissés par des roches ignées riches en Ca contiennent de l'allanite alors que les dykes encaissés dans des métasédiments pauvres en Ca contiennent de la monazite. Ceci suggère que les minéraux porteurs des REE sont contrôlés par l'interaction des magmas avec leurs encaissants et notamment par la mobilisation du Ca et des alcalins.

LES FILONS DE QUARTZ MINERALISES ASSOCIES AUX GRANITES DE BEAUVOIR ET DES COLETTES

Loïs Monnier¹, Stefano Salvi¹, Didier Beziat¹, Jérémie Melleton², Guillaume Vic², Laurent Bailly²

1 : Géosciences Environnement Toulouse, OMP, CNRS, IRD, UMR-5563, Université Toulouse III, Toulouse, France

Le complexe granitique d'Echassière (Allier, Massif Central, France) comprend : le pluton de granite à deux micas et cordiérite des Colettes (env. 3 km de diamètre), qui se met en place dans les schistes de la nappe de Sioule pendant le Namurien/Westphalien (Cuney et al 1992) ; et plus au sud le granite à éléments rares de Beauvoir (0,10 km² env.), plus récent et daté à 317 ± 6 Ma (Melleton et al 2015). Ce dernier, fortement affecté par une altération de type greisen puis par une kaolinisation, comprend une minéralisation disséminée et sub économique à Nb-Ta et Sn (Cuney et al 1992). Le granite de Beauvoir recoupe le stockwork de la Bosse, minéralisé principalement en W et Nb-Ta. Ces minéralisations seraient reliées (Aubert, 1969) au stade hydrothermal du granite « caché » de la Bosse, événement antérieur à la mise en place du granite de Beauvoir. Dans le complexe granitique ainsi que dans son encaissant schisteux, on retrouve de nombreux filons de quartz de direction relativement constante (N 170 à N 220), minéralisés (W, Sn, Sb...) ou pas. Les résultats préliminaires sur les signatures géochimiques des quartz présents dans les différentes paragenèses (obtenues par LA-ICPMS), ainsi que de nouveaux arguments structuraux et pétrographiques permettent de reconsidérer les relations entre le granite de Beauvoir et le stockwork de la Bosse. Une nouvelle hypothèse présente la formation des minéralisations du stockwork comme étant reliée à l'exsolution de fluides du granite de Beauvoir, riches en éléments fluants et métaux rares. Certaines veines de quartz du granite de Beauvoir présentent un remplissage polyphasé indiquant une réactivation multiple des fractures, et les signatures chimiques distinctes des quartz de chacune des générations pourraient nous permettre de relier ces activations à des épisodes minéralisateurs distincts. De plus, les signatures géochimiques spécifiques des quartz associés à la minéralisation laissent entrevoir la possibilité de « tracer » les filons minéralisés du stockwork dans le cadre d'une prospection de minéralisations de W.

Aubert G. (1969) Les coupoles granitiques de Montebbras et d'Echassières (Massif Central français) et la genèse de leur minéralisation en étain, lithium, tungstène et béryllium. Mémoire BRGM 46:345.

Cuney M., Marignac C., Wesbrod A. (1992) The Beauvoir Topaz-Lepidolite Albite Granite (Massif Central, France): The Disseminated magmatic Sn-Li-Ta-Nb-Be Mineralization. *Economic Geology* Vol. 87, 1992, pp. 1766-179

Melleton J., Gloaguen E. (2015) Timing of rare-elements (Li-Be-Ta-Sn-Nb) magmatism in the European Variscan belt. *Variscan 2015: The Variscan belt: correlations and plate dynamics*.

ORIGINE DES APPORTS DE LITHIUM DANS UN BASSIN A TRES FORT POTENTIEL SITUE DANS LE PLATEAU PUNA (23°-24°S, 65°45'-66°20'W), ANDES ARGENTINES

Lucrecia Lopez Steinmetz^{1,2}, Stefano Salvi³, Didier Beziat³

1 : Institut de Géologie et des Mines, Université Nationale de Jujuy, Jujuy, Argentine

2 : CIT Jujuy, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Jujuy, Argentina

L'impact environnemental et la raréfaction des carburants traditionnels ont éveillé une conscience planétaire nous amenant de plus en plus distinctement vers une nouvelle ère énergétique. Celle-ci présente notamment deux défis indissociables : la découverte de nouvelles sources énergétiques et l'optimisation des moyens de stockage d'énergie. Dans ce contexte, le lithium est un élément stratégique car il est devenu indispensable pour les nouvelles technologies. Une des applications principales sont les batteries au lithium utilisées dans les ordinateurs portables et nos téléphones mobiles. La future demande en Li sera encore plus importante, car cet élément est prisé par l'industrie automobile où la réussite du remplacement des carburants traditionnels est fondée sur l'innovation des batteries des voitures à moteur électrique. Les salinas des bassins du plateau des Andes Centrales détiennent ~80% des réserves mondiales de lithium. L'obtention du lithium dérive du pompage des saumures phréatiques contenues dans ces bassins. On sait que dans les saumures, le lithium est présent sous forme ionique (Li⁺). Cependant, on ignore si dans ces gisements le Li est aussi présent dans les argiles du substrat (échanges cationiques, adsorption), ou encore dans des évaporites solubilisées et recyclées. La source du lithium est traditionnellement associée aux apports hydrothermaux et à la météorisation rocheuse, mais on ignore la nature et l'ampleur de ces processus. Nombreuses questions n'ont toujours pas de réponse: les apports hydrothermaux de Li sont actuels ou fossiles? La météorisation rocheuse engage le socle, des roches ignées ou volcaniques? Ces connaissances fondamentales constituent les objectifs de ce projet, qui propose une étude des hydro-faciès et des relations litho-parentales des apports ioniques de lithium dans un bassin à très fort potentiel situé dans le nord du plateau de la Puna.

PARAGENESE DETAILLEE ET COMPOSITIONS DES MICAS LITHINIFERES COMME TRACEURS DES EVOLUTIONS MAGMATIQUES ET FLUIDES: EXEMPLE DU GISEMENT A W-SN DE MAOPING (JIANGXI, CHINE)

Hélène Legros¹, Christian Marignac¹, Julien Mercadier¹, Michel Cuney¹, Antonin Richard¹,
Ru-Cheng Wang¹, Nicolas Charles¹, Marc Lespinasse¹

1 : Géoresources, UMR7359, Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy, France

Les micas lithinifères sont connus pour être de bons marqueurs de l'évolution magmatique, en particulier dans le cas des granites et pegmatites. Le gisement à W-Sn de Maoping, offre la possibilité d'étudier les variations en composition de ces micas lithinifères au cours de chacun des stades de cristallisation du gisement en conditions magmatiques et hydrothermales, telles que : (i) des Li-micas tardi-magmatiques dans des veines de feldspaths, associés à la cristallisation tardive d'un magma peralumineux, (ii) des Fe-Li micas hydrothermaux en franges et dans les veines à W-Sn mais aussi dans les veines de quartz rubané et (v) des Li-muscovites lors des stades tardifs et associées à de l'altération à chaque stade. Basé sur les variations en composition des éléments majeurs à travers les différents stades de cristallisation et au sein de cristaux, un mélange d'au moins trois types de fluides a pu être identifié. De plus, la corrélation entre paragenèse et compositions en éléments majeurs et traces des micas a permis d'identifier une nouvelle source magmatique durant le stade à veines rubanées, différente du granite peralumineux pré-existant. La cristallisation de zircons et minéraux de terres rares (REE) lors de ce stade, associé à un enrichissement en métaux rares dans les micas, impliquerait la cristallisation d'un magma peralcalin riche en REE. L'implication de complexes intrusifs à la fois peralumineux et peralcalins à Maoping suggère un système magmatique-hydrothermal polyphasé avec un enrichissement en W-Sn durant le Yanshanien inférieur (190-150Ma, associé à des granites pralumineux) et un pulse à REE pendant le Yanshanien supérieur (135-80Ma, associé à des granites peralcalins).

RELATIONSHIPS BETWEEN GOLD MINERALIZATION AND GRANITE – DISCUSSION WITH THE SUPPORT OF A PLURIDISCIPLINARY STUDY OF THE PASSA TRES GOLD DEPOSIT (SOUTH BRAZIL)

Bárbara Dressel^{1,2}, Alain Chauvet¹, Barbara Trzaksos², João Carlos Biondi², Olivier Bruguier¹, Patrick Monié¹

1 : Géosciences Montpellier, UMR5243, Université Montpellier II, Montpellier, France

2 : Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brazil

The Passa Três Granite, located in the east of the Paraná State, South Brazil, is elongated following a NNE-SSW direction. This syenogranite is emplaced within metapelites of the meso to neoproterozoic Açungui Group, between the Morro Agudo and Lancinha transcurrent faults, both with N040°E trending. Gold mineralization within the Passa Três Granite is constituted by centimetric to metric quartz veins containing quartz, sulfides, fluorite, chlorite, muscovite, sericite and carbonate. Veins textures include massive, sheared and/or brecciated. Structural data indicate the existence of two major fault systems, N-S and E-W, with dips of 60-75°W and 45-70°S, respectively. In the field, normal movements are frequently observed, and both systems are interpreted as contemporaneous and conjugate. The mineralized veins are emplaced in the opening sites of these two systems, interpreted as pull-apart sites. Petrographic and field observations indicate that the formation of mineralized veins can be subdivided into four stages: Stage 1 [deformation and alteration], Stage 2 [Quartz 1], Stage 3 [Quartz 2 + Pyrite 1 + Galena + Gold + Chalcopyrite] and Stage 4 [Pyrite 2 + Chalcopyrite + Gold + Galena + Fluorite]. Gold is associated to pull-aparts and to fractures that occur in Pyrite 1. This study suggests that the gold-mineralized veins were formed by a multi-phase episode of development of the two normal fault systems associated to fluids emplacement. As a consequence of normal faults development, opening sites were created (i.e. pull-apart systems) and filled by hydrothermal fluids, forming the main mineralization. The presence of magmatic material such as adularia crystals on the border of certain veins and aplites parallel to vein may suggest a link between magmatic and mineralizing fluids. In order to understand this magmatic-hydrothermal transition, geochronological analyzes are being undertaken to determine the magmatic age (U-Pb zircon), hydrothermal age (Ar-Ar adularia/muscovite) and mineralization age (Re-Os molybdenite).

ROLE OF CO₂ IN THE FORMATION OF ORE DEPOSITS

Maria Kokh¹, Gleb Pokrovski¹, Stefano Salvi¹, Nikolay Akinfiev², Damien Guillaume¹

1 : Géosciences Environnement Toulouse, OMP, CNRS, IRD, UMR-5563, Université Toulouse III, Toulouse, France

2 : Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow - Russia

Carbon dioxide is the ubiquitous component of hydrothermal fluids that operates at high temperature (T) and pressure (P) in the lithosphere. Yet, its effect on the mobilization and precipitation of metals remains unknown owing to lack of experimental data. We have developed experimental and analytical methods for CO₂-rich supercritical fluids, coupled with thermodynamic modeling, to systematically quantify the solubility, distribution and speciation of metals of economic interest (Fe, Cu, Au, Mo, Pt, Sn, Zn) in CO₂-water-salt-sulfur systems. The solubility measurements of the major ore minerals of these metals were carried out in supercritical fluids H₂O-CO₂-S-KCl at 450°C and 500-700 bar using a flexible-cell reactor. The conditions of acidity, redox potential and sulfur fugacity were controlled by equilibria among iron sulfide and oxide minerals and alkali-aluminosilicate minerals. The obtained data were analyzed in the framework of a thermodynamic model based on the dielectric constant coupled with a critical review of the literature on metal speciation in the fluid phase. Our results show that the presence of CO₂ favors the stability of the neutral complexes (e.g. FeCl₂0, ZnCl₂0, CuHS0, AuHS0), whereas the charged species are weakened (e.g. FeCl₄2-, ZnCl₄2-, Au(HS)₂-, CuCl₂-). Our model accounts for the enrichment in Fe and depletion in Cu observed in metamorphic orogenic gold deposits formed by CO₂-rich low-salinity fluids and massive precipitation of Fe, Cu and Au in porphyry deposits formed by sulfur-rich saline fluids. This study demonstrates that the presence of CO₂ may lead to enhanced mobility, or, on contrary, to massive precipitation of some metals, depending on salinity and sulfur content, and more generally, to significant fractionations between different metals during the evolution of fluids in the crust.

TEMPORAL LINK BETWEEN INCREMENTAL PLUTON CONSTRUCTION AND TEMPO OF PORPHYRY CU-MO DEPOSITS FORMATION DURING SUBDUCTION TO POST-SUBDUCTION EVOLUTION ALONG THE LESSER CAUCASUS, SOUTHERN ARMENIA

Hervé Rezeau¹, Robert Moritz¹, Jörn-Frederik Wotzlaw², Rodrik Tayan³, Alexey Ulianov⁴, David Selby⁵, François-Xavier D'abzac⁶, Richard A. Stern⁷

1 : Department of Earth Sciences, University of Geneva, Geneva, Switzerland

2 : Institute of Geochemistry and Petrology, ETH Zurich, Zurich, Switzerland

3 : Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences, Yerevan, Armenia

4 : Institute of Earth Sciences, University of Lausanne, Switzerland

5 : Department of Earth Sciences, University of Durham, Durham, United Kingdom

6 : Géosciences Environnement Toulouse, OMP, CNRS, IRD, UMR-5563, Université Toulouse III, Toulouse, France

7 : Department of Earth and Atmospheric Sciences, University of Alberta, Edmonton, Canada

The majority of economically important porphyry Cu-Mo deposits (PCDs) are associated with subduction-related calc-alkaline upper-crustal plutons (Sillitoe, 2010). However, porphyry Cu-Mo systems have recently been recognized in post-subduction settings, particularly along the Tethyan metallogenic belt (e.g., Richards, 2015). This raises questions concerning the primary controls on PCD formation. We present a new zircon U-Pb geochronology data set depicting 30 m.y. of incremental growth of one of the largest ore-bearing plutons of the central Tethyan metallogenic belt, the Meghri-Ordubad Pluton, southern Armenia, Lesser Caucasus. Based on ages and geochemistry, three main magmatic events are recognized including (1) Middle Eocene calc-alkaline subduction-related magmatism lasting 5.8 ± 0.8 m.y., followed by (2) post-subduction Upper Eocene-Middle Oligocene shoshonitic magmatism over 9.7 ± 0.9 m.y, and (3) Upper Oligocene-Lower Miocene adakitic magmatism consisting of shoshonitic dikes and high-K calc-alkaline granodioritic magmas emplaced over 5.4 ± 0.4 m.y. Complementary in situ zircon hafnium and oxygen isotope data are interpreted in terms of a mantle-dominated source with limited crustal contribution. Molybdenite Re-Os ages constrain the age of variably-sized PCDs to the end of the three intrusive suites. Based on this study, the size of PCDs correlates with the duration of the associated intrusive suite such as the small tonnage PCDs are associated with the Middle Eocene and Upper Oligocene - Lower Miocene magmatic suites, whereas the giant Kadjaran PCD formation is linked to the Upper Eocene – Middle Oligocene intrusive event. According to this study, long-lived magmatism together with a favorable structural setting are key pre-requisites to produce PCDs in various geodynamic settings with magmas of variable composition. We propose that the frequency of the upper crustal reservoir rejuvenation may play a fundamental role for modulating PCD tonnage, but the exploration challenge remains in identifying single long-lived and incrementally assembled magmatic suites associated with ore anomalies.