

Proposition de post-doctorat – Utilisation d’analogues géologiques naturels pour définir les critères de favorabilité de formation des gisements d’uranium de type discordance (Saskatchewan, Canada)

Contexte: L’Université de Lorraine, l’Institut Terre et Environnement de Strasbourg (ITES) et Orano Mining collaborent dans le cadre de la Chaire Industrielle GeomIn 3D, sponsorisée par Orano Mining et l’Agence Nationale de la Recherche, pour développer de nouveaux outils d’exploration des gisements d’uranium du Bassin de l’Athabasca (Canada). La stratégie de recherche vise l’établissement d’un géomodèle 3D intégré réconciliant les approches géologiques et géophysiques.

Le bassin de l’Athabasca est considéré comme la référence mondiale pour les gisements d’uranium de type discordance avec des teneurs pouvant atteindre 15% d’uranium en moyenne. La formation de tels anomalies géochimiques a nécessité la conjonction de processus physiques et chimiques de très forte efficacité sur lesquels les chercheurs académiques travaillent depuis plus de 50 ans. Le modèle métallogénique couramment admis considère que **ces gisements résultent de circulations massives de fluides originaires du bassin (saumures) dans des pièges structuraux et physico-chimiques situés à l’intersection entre des structures graphiteuses s’enracinant dans le socle (appelées conducteurs graphiteux) et la surface de discordance du bassin de l’Athabasca**. Les gisements sont ainsi spatialement associés à la discordance entre le bassin et le socle, et la **localisation des minéralisations dépend du cadre structural, des chemins de circulations des fluides et des mécanismes de précipitation**.

La circulation des fluides hydrothermaux à l’interface bassin/socle est contrôlée par les propriétés géomécaniques, hydrogéologiques, de conductivité thermique, de perméabilité et de porosité du milieu. La réactivation structurale des conducteurs graphiteux, qui s’accompagne de la création de structures secondaires drainantes à l’interface bassin/socle, est ainsi un processus clé pour la mobilisation des fluides depuis leurs réservoirs puis leur circulation le long de drains à différentes échelles. L’uranium précipite ensuite massivement à partir de ces fluides minéralisateurs par interaction avec les agents réducteurs de type solides (roches) ou fluides présents le long des conducteurs graphiteux. Ces processus sont actifs selon des conditions de pression et température fluctuantes qui indiquent des circulations transitoires dont la durée et la périodicité sont très mal contraintes. **Ces minéralisations à très fortes teneurs mais petits volumes résultent donc de circulations transitoires de différents fluides à l’interface bassin-socle en contexte de réactivation tectonique de structures héritées du socle**.

Plusieurs inconnues limitent notre compréhension scientifique des mécanismes de formation de ces gisements, et donc notre capacité à définir les critères de favorabilité utilisables en exploration pour les découvrir. Afin de progresser sur ce sujet, nous proposons une **approche novatrice fondée sur l’utilisation d’analogues hydrothermaux naturels fossiles et actifs** pour lesquels les phénomènes considérés ci-dessus ont opéré ou opèrent et **pour lesquels des critères de favorabilité à la création et au fonctionnement de systèmes hydrothermaux ont été identifiés**.

Plan de recherche: Les travaux seront principalement réalisés en 3 phases principales :

- **Phase 1.** Etat des lieux des connaissances sur les analogues naturels sélectionnés. L’objectif est d’établir un état de l’art des critères de favorabilité pour la création et le fonctionnement durable des systèmes hydrothermaux sélectionnés. Cela passera par une revue bibliographique et l’organisation d’ateliers de travail en salle et sur le terrain réunissant des experts qualifiés sur les analogues naturels, ainsi que de séjours du post-doc dans les équipes invitées. L’objectif est d’établir les conditions qui conduisent à la mise en place de circulations fluides et d’épisodes minéralisateurs. Les notions de durée et de cyclicité ainsi que la qualification des causes qui initient et localisent ces pulsations fluides sont considérées comme prioritaires pour la compréhension de ces systèmes et donc leur transférabilité aux gisements d’uranium.

- **Phase 2 :** A partir de cette étude, des analyses sur le terrain, sur carotte et en laboratoire des analogues naturels seront réalisées afin d’affiner la caractérisation des paramètres de durée et temporalité, des propriétés mécaniques, chimiques et physiques des analogues sélectionnés. Des priorités thématiques seront définies suivant l’analyse bibliographique de la phase 1. Ces travaux seront réalisés à Nancy et dans les équipes collaboratrices.

- **Phase 3.** Synthèse des critères de favorabilité des analogues et applicabilité à la définition de nouveaux guides d’exploration pour les gisements d’uranium. Ce travail sera réalisé en collaboration avec les doctorants de la Chaire GeomIn3D travaillant sur les gisements d’uranium du bassin d’Athabasca. Il ouvrira de nouvelles perspectives en termes d’analyse structurale du socle de l’Athabasca et de modélisation thermo-hydro-mécanique telle que réalisées actuellement

Les sites géothermaux naturels et stimulés d’âge Actuel et les circulations fluides et minéralisations européennes en contexte de discordance d’âge Permo-Trias sont les deux analogues naturels proposés.

Profil recherché : Ingénieur ou de formation universitaire, vous avez effectué récemment une thèse d’Université en géosciences de préférence en lien avec l’un des analogues naturels ciblés, visant la compréhension du fonctionnement de l’un de ces systèmes hydrothermaux. Une expérience de terrain ou d’étude de carotte sera considérée comme un plus. Une maîtrise des approches et des techniques de laboratoire applicables à l’étude des circulations hydrothermales dans les contextes géologiques visés est un

pré-requis. Le/la candidat(e) aura le goût du travail en équipe, au sein d'un projet entre le monde académique et l'industrie. Il devra être autonome, avoir le goût de l'initiative et être force de proposition.

Anglais : TOEIC 800 / Bright : 4

Conditions d'emploi : Le post-doctorat débutera au cours du premier trimestre 2022. Le salaire brut mensuel sera compris entre 2600 et 4200 euros en fonction de l'expérience du candidat. Le contrat sera de 24 mois (avec possibilité d'extension en fonction des résultats). Une évaluation sera réalisée par le comité de pilotage de la chaire GeomIn 3D à l'issue des six premiers mois.

Conditions de travail : Le post-doctorat sera réalisé à l'Université de Lorraine, au sein du laboratoire GeoRessources. Des missions seront réalisées dans les laboratoires des équipes de recherche partenaires (en France et à l'étranger). Des missions à Strasbourg, Orano Châtillon et Orano Canada à Saskatoon permettront une coordination efficace avec le partenaire industriel.

GeoRessources fait partie de l'Université de Lorraine (<http://welcome.univ-lorraine.fr/>), qui est l'une des premières institutions d'enseignement supérieur en Europe avec plus de 55 000 étudiants et 60 laboratoires de recherche. L'Université de Lorraine se classe 13^{ème} au classement de Shanghai 2021 dans la catégorie « Mines et Génie Minéral » et 1^{ère} université européenne dans ce domaine d'activité. Le département des Sciences de la Terre est l'un des plus importants d'Europe, avec 4 laboratoires accueillant plus de 300 chercheurs et 1000 étudiants. Georessources est le laboratoire académique français de référence pour l'étude des gisements, avec près de 200 personnes (<http://georessources.univ-lorraine.fr/>), avec des collaborations à long terme avec de grandes sociétés minières et pétrolières. Il est considéré comme l'un des centres de référence pour la recherche académique sur les gisements d'uranium, avec plus de 40 ans de recherche sur ce sujet. Les laboratoires de Nancy disposent d'un parc instrumental dédié aux géosciences parmi les plus importants au niveau français, incluant géomécanique, pétrophysique, tomographie, géochimie, caractérisation microscopique et analyse chimique et isotopique in-situ (LA-ICP-MS et microsonde ionique).

Candidature : La candidature devra être reçue avant le 1 Janvier 2022. Elle inclura les documents suivants: (i) une lettre de motivation mentionnant les expériences de recherche et centres d'intérêts, (ii) un curriculum vitae détaillé incluant une liste de publications, (iii) les noms, adresses et numéro de téléphone de deux référents, (iv) le manuscrit de thèse. Elle devra être envoyée par messagerie électronique à : Julien Mercadier (julien.mercadier@univ-lorraine.fr)