

9h-10h

### Mise en évidence et datation de la paléosurface Crétacée dans le massif des Vosges



**Charlotte  
VERCRUSSE**

L'ANDRA travaille sur un projet d'étude pour le stockage des déchets radioactifs en profondeur. Pour s'assurer de la réalisation du projet en toute légitimité et en toute sécurité, plusieurs études scientifiques sont menées de front. Par exemple, l'étude de la stabilité du terrain choisi est indispensable pour être certain que les déchets radioactifs ne se retrouveront pas à découvert dans quelques

milliers d'années.

Le but du stage est de résumer le contexte géologique actuel et de prouver que le massif des Vosges est stable depuis le Crétacé, soit 120 Ma. Le facteur clé est le calcul des âges des roches correspondantes. Pour cela, on s'intéresse aux altérations présentes dans le granite, constituées par un dépôt d'hématite entre les grains. L'hématite enregistre le signal magnétique terrestre lors

de sa formation. En utilisant le paléomagnétisme, méthode très efficace, on peut identifier la composante magnétique caractéristique de la roche. En comparant cette composante à la courbe de dérive des continents, on peut déduire l'âge de la roche. De nombreux échantillons ont été prélevés dans différentes régions du massif des Vosges et ont été mesurés. Les résultats attendus sont des récurrences de datation Crétacée ou plus anciennes. Ainsi les roches n'ont pas été manifestement affectées depuis 120 Ma et on peut considérer le massif des Vosges comme très stable. Des modélisations géologiques peuvent démontrer qu'il est fort peu probable que ce terrain devienne instable dans les milliers d'années à venir.

**ANDRA / LSCE, GIF-SUR-YVETTE /  
CENTRE DE GÉOSCIENCES, MINES PARISTECH**

10h-11h

### Modélisation du rôle des gaz annexes dans le stockage géologique de CO<sub>2</sub>



**Anne-Flore  
BONVALOT**

Depuis un an dans le Sud Ouest de la France, un pilote de captage par oxycombustion à Lacq et stockage de CO<sub>2</sub> à Rousse a été mis en place par Total. Le gaz capté par oxycombustion n'est pas du CO<sub>2</sub> pur, mais contient des gaz annexes affectant potentiellement les équilibres géochimiques entre le CO<sub>2</sub>, les roches et l'eau en présence.

Des expériences en condition de stockage géologique (150°C, 100 bar) ont été réalisées par Stéphane Renard pendant sa thèse afin d'évaluer l'influence des gaz annexes sur les roches du site de stockage de Rousse (réservoir de gaz à 4500 m de profondeur). La réactivité des roches réservoir et couverture a été testée en présence de gaz purs (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO et N<sub>2</sub>) et d'un mélange de gaz (CO<sub>2</sub> + SO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub> + Ar). L'objectif est de simuler les expériences réalisées en laboratoire à l'aide du logiciel CHESS afin de caractériser l'influence des

gaz annexes sur l'évolution géochimique des roches réservoir et couverture. Dans ces simulations géochimiques, dites OD, le système est supposé être à l'équilibre thermodynamique. Les gaz en présence sont considérés, le système est donc multiphasique, la quantité de gaz est finie et la pression est constante. Le logiciel CHESS n'est pas adapté pour cette dernière condition, une partie importante du travail est donc de le modifier en conséquence.

Le but final est de pouvoir simuler l'évolution géochimique d'un système réaliste en présence d'un mélange de gaz. Il passe par la bonne caractérisation des réactions géochimiques à partir des gaz purs.

A terme la meilleure compréhension de l'influence des gaz annexes pourrait permettre de définir à quel pourcentage il faut purifier le CO<sub>2</sub> pour le stocker sans risques dus aux réactions liées à la présence d'impuretés.

**TOTAL, PAU / CENTRE DE GÉOSCIENCES,  
MINES PARISTECH**

11h-12h

## Dépollution de nappes à l'aide de nanoparticules de fer : expériences de transfert en laboratoire et modélisation hydrodynamique



**Hélène  
SCHEEPERS**

Les orientations récentes en matière de dépollution des sols et nappes phréatiques visent à effectuer un traitement de dégradation du polluant à la source, au lieu de transférer la pollution vers l'extérieur ou de couper les voies de transferts par des barrières réactives (directive cadre européenne sur les eaux souterraines). Qui plus est, certaines familles de composés demeurent difficile-

ment traitables par les techniques actuelles de dépollution, ou sont situés dans des environnements complexes (zones urbaines avec une forte archéologie industrielle, zones anoxiques, etc.). L'objectif du programme de recherche Nanofrezes – projet de l'Agence Nationale de la Recherche – est la mise au point d'une technologie de dépollution in-situ du sol et de la nappe par l'utilisation de nanoparticules de fer métal (NFe<sup>0</sup>). Traitées en surface, ces nanoparticules seront injectées dans la nappe pour y dégrader les pollutions organiques récalcitrantes (notamment solvants chlorés) disséminées dans les eaux naturelles ou industrielles.

L'efficacité de la réaction du fer métal n'est plus à démontrer. Ce procédé a été largement utilisé et décrit dans le cadre du procédé de type barrière réactive. De plus, il a été montré que l'utilisation

de particules de fer métal de taille nanométrique permettait d'augmenter la cinétique et la réactivité des processus. La mise en œuvre d'un procédé d'injection de nanoparticules est aussi beaucoup plus simple que celle d'une barrière réactive. Néanmoins ce procédé doit être amélioré, notamment en optimisant la formulation de surface des nanoparticules pour limiter le colmatage dans le milieu poreux, en analysant les processus cinétiques et de transformation de la matière pour élaborer un procédé industriel de traitement.

Le travail s'inscrit dans ce projet de recherche au sein de l'équipe Risques Chroniques de l'INERIS. Il consiste tout d'abord à étudier en laboratoire les transferts des NFe<sup>0</sup> en milieu poreux, en fonction de différentes formulations de surface. Des expériences de percolation ascendante en colonne sont mises au point et réalisées. En parallèle, une deuxième partie vise à modéliser l'hydrodynamique ainsi que les transferts des polluants solvants chlorés et Chrome VI dans la nappe superficielle d'un site réel, en vue de préparer l'injection-pilote de NFe<sup>0</sup>. Cette phase implique la collecte de données sur site (données piézométriques, analyses chimiques, essai de traçage) et la réalisation d'un modèle numérique hydrodynamique MODFLOW.

**INERIS (INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT  
ET DES RISQUES INDUSTRIELS)**

14h-15h

## Modélisation de la lixiviation en tas



**Victor  
DI RUGGIERO**

La relance des activités de lixiviation en tas sur les sites miniers de Somaïr, Trekkopje et Imouraren s'inscrit dans le contexte d'une augmentation de la production d'uranium et de l'accès à des minerais d'uranium ayant une teneur de plus en plus faible.

Ce procédé de la lixiviation acide en tas est un procédé industriel économique et peu gourmand en énergie qui

permet de valoriser des ressources de faible teneur (de l'ordre de 0,1% d'U) qui n'auraient pas pu être traitées de façon viable en usine. Naturellement, les rendements (60% à 80%) sont plus faibles que ceux des traitements dynamiques classiques en

usine (95%). Par ailleurs, la durée de lixiviation peut s'avérer longue (>160 jours) et la principale source de coût provient du réactif qui est consommé en majorité par la gangue (et surtout par les pénalisants, carbonates, argiles). Dans le cas de la mine d'Arlit au Niger et de l'exploitation de Somaïr, le problème majeur provient des argiles présentes dans le minerai (entre 5 et 25%). Pour minimiser cette consommation et maximiser la récupération d'uranium, l'optimisation du dimensionnement du procédé est donc fondamentale. C'est l'objet du stage. La modélisation de la lixiviation en tas en milieu argileux doit donc permettre de mieux comprendre l'hydrodynamique des tas et d'améliorer la conduite industrielle des opérations

**AREVA, BG MINES, PARIS LA DÉFENSE**

**15h-16h**

## **Etude du pouvoir d'auto-réhabilitation d'exploitation minière d'uranium**



**Louis  
THIERS**

l'uranium mis en solution. La lixiviation acide mise en place sur le site de Tortkuduk dans le sud du Kazakhstan nécessite donc d'injecter dans le sous-sol des quantités considérables d'acide sulfurique. De nombreuses espèces chimiques sont alors remobilisées dans l'aquifère sur des périodes qui dépassent le seul temps d'exploitation de la mine, celles-ci pouvant donner lieu à de multiples réactions : précipitation, sorption, réduction par catalyse bactérienne, etc. La législation en vigueur impose à l'exploitant minier de rendre le site dans l'état dans lequel celui-ci se trouvait

Le Kazakhstan dispose de ressources naturelles considérables mais les gisements uranifères y sont souvent de faible teneur. L'exploitation de ces gisements par extraction in situ permet donc de développer ces champs uranifères de manière économique. L'opération consiste à injecter dans la formation minéralisée une solution lixivante dont on extrait ensuite dans des installations de surface

avant qu'il ne l'occupe. La compréhension des mécanismes de rétention et de transport des différentes espèces chimiques est donc primordiale pour mettre en œuvre des stratégies de restauration de l'aquifère.

Une première étude d'impact environnemental réalisée en 2004 lors de la phase de pré-exploitation a mis en avant le caractère auto-remédiant du milieu naturel face aux pollutions induites. L'objectif de ce travail est d'intégrer les nouveaux éléments portés à notre connaissance dans un nouveau modèle pour confirmer le caractère auto-régénérant de l'aquifère concernée. Cette modélisation s'appuie sur les codes de géochimie CHESSE et de transport réactif HYTEC développés par le Pôle Géochimie Transport du Centre de Géosciences de Mines ParisTech. Dans un second temps, quelques techniques de réhabilitation seront étudiées et modélisées de manière à évaluer leur efficacité et voir s'il est possible d'accélérer cette remédiation du milieu naturel.

**AREVA, BG MINES, PARIS LA DÉFENSE**