

Mécanismes de redistribution de l'uranium au niveau d'une zone humide contaminée soumise à des fluctuations redox

La question de la mobilité de l'uranium dans l'environnement est centrale pour guider les modes de gestion des sites naturels contaminés. À cet égard, il est essentiel de déterminer les formes chimiques de l'uranium et leur évolution. Dans ce contexte, des chercheurs de l'équipe MinEnv de l'IMPMC, en étroite collaboration avec l'IRSN, ont étudié la spéciation et la mobilité de l'uranium dans les sols d'une zone humide fortement enrichie en uranium, en aval d'une ancienne mine française. En utilisant le rayonnement synchrotron et la microscopie électronique, ils ont déterminé précisément la nature des phases porteuses de l'uranium et leur évolution dans les profils de sol suite aux fluctuations hydrologiques saisonnières. Les résultats montrent que les minéraux hérités de la mine, des phosphates d'uranium, subissent des transformations redox marquées dans la zone de battement de nappe, conduisant à la redistribution de l'uranium et sa complexation par les matières organiques du sol. À l'inverse, dans les couches profondes du sol, saturées en eau, les minéraux porteurs de l'uranium apparaissent plus préservés.

En France, plusieurs zones situées en aval d'anciennes mines d'uranium sont enrichies en uranium. Le piégeage de l'uranium dans ces environnements, sols et sédiments, est susceptible de diminuer naturellement sa concentration dans les eaux de surface. Toutefois, la pérennité de ce piégeage dépend fortement de la nature et de l'évolution des phases porteuses de l'uranium ainsi que des conditions physico-chimiques du milieu. La prédiction du comportement de l'uranium au niveau de ces zones représente donc un enjeu scientifique et environnemental crucial pour permettre une gestion adéquate de ces environnements et limiter la dispersion de l'uranium.

Une zone humide située en aval de l'ancien site minier d'uranium de Ty Gallen en Bretagne et caractérisée par un enrichissement important en uranium a été étudiée. Grâce à des analyses par spectroscopie XANES, l'évolution de l'état d'oxydation de l'uranium a pu être déterminée avec précision le long de carottes de sol prélevées avec précaution en conservant l'état redox du système. La spectroscopie EXAFS a ensuite permis d'identifier et quantifier les phases porteuses de l'uranium, incluant les phases minérales concentrées et les formes dispersées, adsorbées ou complexées. Ces résultats mettent en évidence une redistribution importante de l'uranium au-dessus du front redox représenté par la zone de battement de nappe, *via* la dissolution oxydative des minéraux phosphatés de U(IV) suivie de la complexation de U(VI) à la matière organique du sol. Les formes de U(VI) complexées à la matière organique peuvent ensuite être réduites une fois les conditions réductrices retrouvées lors des périodes d'inondation du sol.

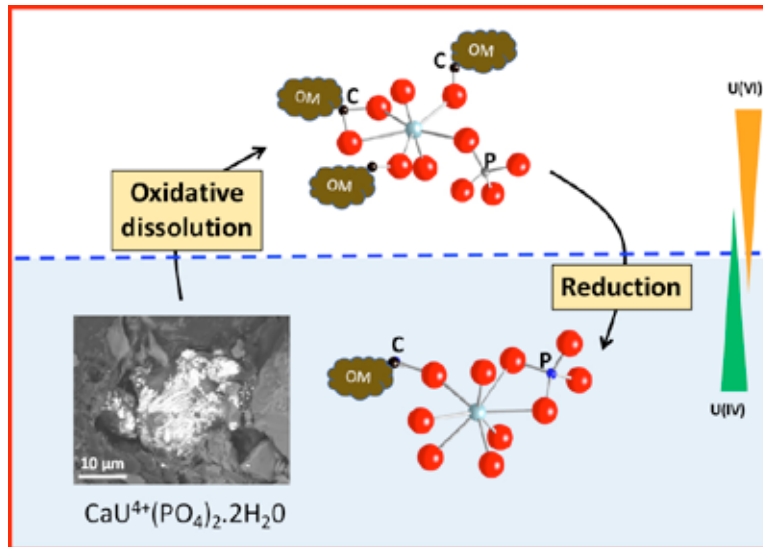


Figure 1

Schéma représentant les transformations des phases porteuses de l'uranium lors des cycles redox engendrés par les fluctuations saisonnières du niveau saturé en eau.

Ces travaux appellent à considérer les complexes organiques de U(VI) et U(IV) comme les formes chimiques dominantes de l'uranium dans les couches situées au-dessus et dans la zone de battement de la nappe phréatique du site étudié. Il apparaît donc nécessaire d'évaluer la mobilité particulaire, dissoute et colloïdale de ces complexes organiques. En revanche, le maintien de conditions saturées en eau apparaît favorable à la stabilisation des minéraux phosphatés de U(IV) peu solubles dans ces conditions.

Référence

“Redox fluctuations and organic complexation govern uranium redistribution from U(IV)-phosphate minerals in a mining-polluted wetland soil, Brittany, France.”

Stetten L., Banchart P., Mangeret A., Lefebvre P., Le Pape P., Brest J., Merrot P., Julien A., Proux O., Webb, S. M., Bargar J. R., Cazala C., Morin G.

Environmental Science and Technology, 2018, 52 (22), pp 13099–13109

DOI: 10.1021/acs.est.8b03031

Contacts

lucie.stetten@univie.ac.at
guillaume.morin@upmc.fr