



Interactions métaux-microorganismes

Y. Andrès¹, G. Thouand², S. Redercher¹, M. Boualam¹, A.Cl. Texier³, R. Hoeffler³.

¹Subatech - ²Département de Biologie Appliquée, La Roche sur Yon - ³Centre du Génie des Procédés de l'Environnement, Ecole des Mines de Nantes

Abstract: A selected number of microorganisms may fix fair amounts of metallic ions in aqueous media, possibly in a selective way.

A biomass from *Mycobacterium smegmatis*, an acidic alcoholic resistant bacteria, has been used to prepare a biosorption support allowing the preferential sorption of thorium as compared to uranium and lanthanum.

These studies have been extended to biological polymers such as chitosan and to studies related to bioaccumulation mechanisms and / or to the microbial resistances towards metals.

Les procédés physico-chimiques de traitement des effluents métallifères ne sont pas toujours adaptés à la dépollution de rejets industriels faiblement concentrés.

Une alternative a été proposée faisant appel aux propriétés de certains microorganismes à fixer en quantité appréciable des ions métalliques présents en solution aqueuse. Cette approche a fait l'objet de nombreuses études depuis plus de 30 ans, en particulier d'un point de vue mécanistique. L'avantage des microorganismes est principalement lié à la diversité des types de bactéries et des modalités d'interaction avec les métaux fonction de leur état chimique; les potentialités de réaliser des séparations sélectives et quantitatives se trouvent ainsi largement étendues.

A partir des travaux de recherche sur l'interprétation et l'identification des processus d'accumulation et de résistances des biomasses en milieu métallifère, différents mécanismes pouvant intervenir ont été proposés :

- la diffusion transmembranaire active par mécanisme de pompe à protons, ou passive par diffusion simple;
- la synthèse cellulaire de métabolites susceptibles de complexer et/ou de précipiter les métaux sur la membrane externe ou dans son environnement immédiat.
- la fixation passive sur des composants élémentaires de la paroi cellulaire externe (Biosorption). L'intervention de divers groupements fonctionnels a pu être caractérisée : phosphate, amine, carbonyle, hydroxyle ...;

Un grand nombre de biomasses a fait l'objet de nombreux travaux : bactéries (*Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*), algues, levures (*Saccharomyces cerevisiae* ...), champignons (*Mucor miehi*, *Penicillium chrysogenum*, *Rhizopus arrhizus*, *Aspergillus niger* ...).

Si l'ensemble des mécanismes cités ci-dessus peut intervenir à des degrés divers dans l'élimination des ions métalliques en solution, les applications de la biofixation d'éléments par des biomasses au niveau industriel repose actuellement sur l'utilisation de processus passifs.

Un intérêt majeur de ces techniques pourrait résider dans le couplage du procédé d'épuration avec la récupération de solutions concentrées plus facilement valorisables ou tout au moins aisément intégrables dans le cycle d'extraction et d'affinage de métaux pour l'industrie ou l'activité énergétique. Ceci permet d'effectuer une action forte de dépollution des eaux, sans génération de sous produits gênants de volumes importants (solvants, par exemple) puisque les constituants majeurs sont le carbone, l'oxygène et l'azote. Cette approche se situe dans le contexte général des technologies propres et de la diminution des volumes de déchets devant être stockés.

Il a été mis en évidence, au sein de notre laboratoire, que des bactéries de l'espèce *Mycobacterium smegmatis* sont capables d'adsorber sélectivement le thorium à partir d'un mélange d'ions actinide et lanthanide en solution acide.

Dans le but de la mise en place d'un système de concentration et d'épuration de grands volumes de solutions contaminées, nous nous sommes intéressés à l'immobilisation de cette biomasse dans un gel d'acrylamide. Cette matrice présente l'avantage d'être uniquement constituée de carbone, d'azote, d'oxygène et d'hydrogène ce qui permet d'envisager une réduction du volume de déchet par incinération.

La concentration de la biomasse dans le support pour une rétention optimisée des ions métalliques a été déterminée comme correspondante à une dilution au 1/6 des bactéries.

Enfin, nous avons montré que ce support réduit en particules de 31 à 42 mesh et placé dans une colonne présente une fixation sélective du thorium à partir d'une solution contaminée, à la fois, en uranium, en thorium et en lanthane à pH 1 (cf. figure 1).

La sélectivité de fixation nous permet d'émettre l'hypothèse qu'il est possible de séparer biologiquement les actinides, radionucléides de longues périodes résultant de réactions d'activation, (Am, Cm), des lanthanides, produits de fission, de moindre radioactivité.

Les perspectives de ce travail porte sur la sélectivité de fixation de microorganismes vis à vis des lanthanides qui servent alors de modèles pour l'étude de

la séparation d'éléments à l'état d'oxydation III.

Cette dernière thématique de recherche fait à l'heure actuelle l'objet d'une thèse en collaboration avec le CGPE. Dans le cadre de cette collaboration il a été également étudié la cinétique et les isothermes de fixation de lanthanides sur du chitosan et la stabilité de cet adsorbant dans diverses conditions de pH et de nature d'acides.

Le laboratoire est impliqué dans un étude d'expertise, auprès de l'ANDRA, portant sur le rôle des microorganismes, au niveau du champ proche d'un site de stockage souterrain dans une position de vie longue.

Enfin, en collaboration avec le VITO en Belgique et l'IUT de Nantes, nous étudions les mécanismes de bioaccumulation et/ou de résistance des microorganismes tel que par exemple *Alcaligenes Eutrophus* CH 34 et les terres rares.

Collaborations :

- Centre du Génie des Procédés de l'Environnement (CGPE), Ecole des Mines de Nantes.
- Laboratoire de Chimie Nucléaire, CNRS, Strasbourg.
- Laboratoire de Microbiologie URA 1481, Université Louis-Pasteur, Strasbourg.

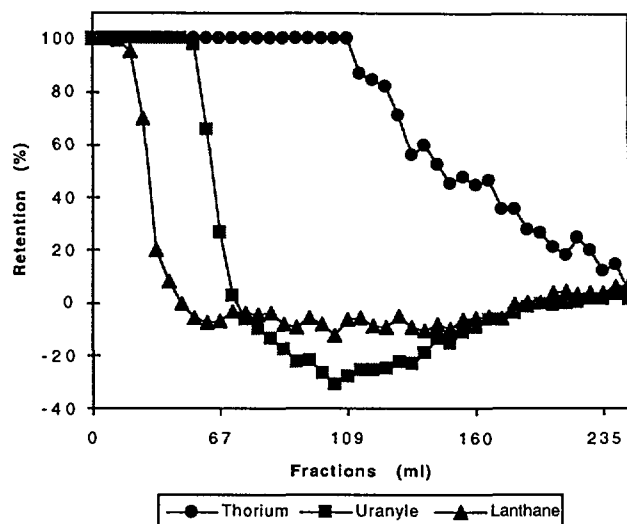


Fig. 1 : Rétention des cations thorium, uranyle et lanthane d'une solution à pH 1,5 par des cellules de *Mycobacterium smegmatis* immobilisées dans un gel de polyacrylamide (facteur de dilution de la biomasse dans le support : 1/6; quantité de support en poids sec : 0,8767 g vitesse d'éluotion 0,2 ml. min⁻¹). La concentration des cations dans des fractions de 1 ml est déterminée par analyse par activation neutronique.