



Vous êtes cordialement invité(e) à la soutenance de thèse de

**Clément CABAUD**

intitulée

**Sorption et transport réactif d'ions dans des monolithes de silice fonctionnalisés aux hexacyanoferrates pour le traitement d'effluents radioactifs**

Soutenance prévue **jeudi 26 septembre 2019 à 14h**

Grand amphithéâtre ICSM – Institut de Chimie Séparative de Marcoule  
Centre de Marcoule CNRS/CEA – 30207 Bagnols sur Cèze

**Composition du jury proposé :**

Cécile VALLIERES	Professeur	Université de Lorraine ENSIC	Rapporteur
Carine JULCOUR	Directrice de recherche	Ecole Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques et Technologiques - ENSACIET	Rapporteur
Pierre BAUDUIN	Ingénieur de recherche	CEA, Institut de Chimie Séparative de Marcoule	Examineur
Yves BARRE	Ingénieur de recherche	CEA Marcoule	Examineur
Benoît COASNE	Directeur de recherche	Université Grenoble Alpes	Examineur
Laurent DE WINDT	Maître de recherche	MINES ParisTech	Examineur

**Résumé**

L'industrie du nucléaire produit de grandes quantités d'effluents radioactifs de sources diverses nécessitant des traitements spécifiques en fonction de leur composition chimique. Le césium 137 fait partie, avec le strontium 90, des radioéléments majoritairement présents dans ces effluents qui doivent être extraits le plus efficacement possible en produisant un minimum de déchets secondaires. Le traitement en colonne est parmi les procédés les plus adaptés pour ce type d'extraction sur support solide. Son principe repose sur la capacité de sorption du radioélément par des hexacyanoferrates (HCF) de cuivre, des échangeurs ioniques minéraux très sélectifs du césium. Des investigations sur les HCF ont permis de mettre en avant les modifications structurales intervenant lors de l'échange avec le césium, à l'origine de leur forte affinité pour cet ion. La fonctionnalisation des HCF sur des monolithes de silice à porosité hiérarchique a mis à profit les propriétés remarquables de ces supports pour une utilisation en colonne. Les cinétiques de sorption évaluées jusqu'aux concentrations traces ont montré une capture rapide du césium qui justifie l'intérêt de ce matériau pour un emploi en colonne. Par ailleurs, la compétitivité des monolithes fonctionnalisés par rapport à des lits particuliers a été démontrée. Ces matériaux ont enfin été mis en oeuvre pour la décontamination simultanée du césium et du strontium par des mécanismes couplés d'échange d'ions et de coprécipitation du sulfate de baryum, rendue possible par la grande perméabilité des monolithes. Un modèle simplifié du transport réactif basé sur la morphologie du monolithe a été développé avec le code HYTEC en supposant un écoulement dispersif dans les canaux du squelette et la diffusion dans les parois du squelette et les agrégats de HCF.

**Mots-clés :** Effluent radioactif, décontamination, échange d'ions, précipitation, matériaux poreux, transport réactif

*Vous êtes cordialement invité(e) au pot amical qui suivra la soutenance*

## **Sorption and reactive transport of ions in HCF-functionalized silica monolith for the treatment of contaminated water**

### **Abstract:**

The nuclear industry produces high amounts of contaminated water from various sources that require specific treatments depending on their chemical composition. Cesium-137 and strontium-90 are among the most abundant radionuclides in those effluents, which have to be removed as efficiently as possible in order to generate the lowest amount of waste. The column process is one of the most suitable processes to achieve this solid-phase extraction. Its principle is based on the sorption capacity of the radionuclide by copper hexacyanoferrates (HCF), highly cesium-selective mineral ion-exchangers. Investigations on HCF pointed out the structural effects of the cesium insertion within the crystal, which were linked to the high affinity of HCF for this ion. The functionalization of HCF on silica monolith with hierarchical pore structure was carried out in order to benefit the remarkable properties of these supports used as a column. Sorption kinetics evaluated down to trace concentrations have shown a fast capture of the cesium, which proves the interest of this material for a column process purpose. In addition, the performances of functionalized silica monolith have been highlighted in comparison with those made of particulate fixed beds. Finally, those materials were implemented for a simultaneous decontamination of cesium and strontium by a double extraction mechanism of ion exchange and coprecipitation of barium sulfate, allowed by the high permeability of the monolith. A simplified model of reactive transport was built with the HYTEC code, based on the actual morphology of the monolith. To do so, a dispersive flow in the macroporous intraskeletal channels and a diffusive flow inside the walls of the structure and the HCF aggregates were assumed.

**Keywords:** Radioactive effluent, decontamination, ion exchange, precipitation, porous material, reactive transport