

ICSM

INSTITUT DE CHIMIE SEPARATIVE DE MARCOULE



SUJETS DE STAGES 2024 – 2025

Mis à jour : 28 novembre 2024

PRESENTATION DE L'ICSM

Créé en janvier 2007, l'Institut de Chimie Séparative de Marcoule (ICSM) est une Unité Mixte de Recherche (UMR 5257) entre le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA), le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), l'Université Montpellier (UM) et l'École Nationale Supérieure de Chimie de Montpellier (ENSCM). L'ICSM est composé de 3 axes de recherche regroupant les 8 équipes de recherche ou laboratoires travaillant en étroite collaboration :

- [Systèmes HYbrides pour la Séparation \(LHYS\)](#)
- [Ions aux Interfaces Actives \(L2IA\)](#)
- [Tri ionique par les Systèmes Moléculaires auto-assemblés \(LTSM\)](#)
- [Sonochimie dans les Fluides Complexes \(LSFC\)](#)
- [Nanomatériaux Adaptatifs pour l'énergie \(LNAR\)](#)
- [Interfaces de Matériaux en Evolution \(LIME\)](#)
- [Etude de la Matière en Mode Environnemental \(L2ME\)](#)
- [Modélisation Mésoscopique et Chimie Théorique \(LMCT\)](#)



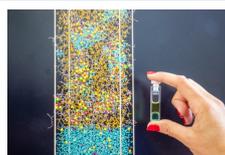
Il est également rattaché au [Pôle chimie Balard](#) réunissant les 4 instituts de chimie de Montpellier dont l'Institut Européen des Membranes (IEM), l'Institut Charles Gerhardt de Montpellier (ICGM) et l'Institut des Biomolécules Max Mousseron (IBMM).

Intégré au Pôle de Chimie MUSE ainsi qu'à l'Institut des Sciences et Technologies pour une Économie circulaire des énergies bas Carbone (ISEC) de la Direction des Énergies du CEA (CEA/DES), l'ICSM vise à développer une recherche fondamentale dont l'objectif principal est de « proposer des choix » pour le développement des procédés de la chimie de séparation appliquée au domaine des énergies décarbonées, en intégrant les enjeux d'une énergie nucléaire durable et les défis de l'économie circulaire.



LISTE DES STAGES

<u>Modélisation de l'irradiation d'une silice poreuse en présence d'eau</u>	3
<u>Valorisation directe de métaux précieux issus du recyclage sous forme de catalyseurs</u>	4
<u>Etude de la dissolution sélective des métaux présents dans des déchets électroniques broyés</u>	5
<u>Etude de la récupération sélective des métaux précieux à partir de lixiviats de déchets électroniques broyés</u>	6
<u>Synthèse de pénhanthroline dicarboxamides pour la séparation des lanthanides</u>	7
<u>Synthèse de zéolites par compression osmotique</u>	8
<u>La polymérisation en émulsion revisitée</u>	9
<u>Solubilisation d'un principe actif pharmaceutique par des nano-ions superchaotropes : Etude (supra-)moléculaire</u>	10
<u>Décontamination de matrices cimentaires sous ultrasons</u>	11



MODELISATION DE L'IRRADIATION D'UNE SILICE POREUSE EN PRESENCE D'EAU

Laboratoire des Nanomatériaux Adaptatifs pour l'énergie (LNAR)

Master 2, Durée 6 mois à partir de février/mars 2025

Contacts :

- Pierre de LAHARPE – pierre.delaharpe@cea.fr
- Jean-Marc DELAYE – jean-marc.delaye@cea.fr
- Bertrand SIBOULET – bertrand.siboulet@cea.fr

Contexte

Ce stage de recherche s'inscrit dans la modélisation du comportement à long terme des colis de déchets radioactifs de haute activité à vie longue (sous forme vitrifié) devant être enfouis en couche géologique profonde (projet CIGEO). En conditions de stockage, il est attendu qu'après 400-4000 ans, l'eau souterraine entre en contact avec ce « verre nucléaire » et conduise à son altération aqueuse. Une des caractéristiques du verre altéré est sa porosité à l'échelle nanométrique, qui pourrait être amenée à s'effondrer sous l'effet de l'auto-irradiation du colis. De tels phénomènes ont déjà été largement étudiés sur les silices mésoporeuses, et ont pu être reproduits par des calculs de dynamique moléculaire sur des systèmes simplifiés non hydratés (code DL_POLY). Dans ce processus, le rôle de l'eau reste à étudier.

Sujet

Ce sujet propose de comparer, dans des calculs de dynamique moléculaire, les effets de l'irradiation sur de la silice mésoporeuse en considérant divers degrés d'hydratation. L'ajout de l'eau oblige à adapter la méthode de simulation des irradiations utilisée précédemment (accumulation de cascades de déplacement) pour des raisons de temps de calcul. Le travail proposé consistera à contribuer au développement de cette approche de simulation des irradiations (qui s'appuiera sur le profil de recul primaire du projectile), à en ajuster les paramètres et à simuler les irradiations. L'analyse des résultats sera faite à l'aide de scripts Python et du module MDAnalysis.

Profil du candidat

- Profil chimie théorique ou physique niveau master 2 ou 3^{ème} année d'école d'ingénieurs
- Eléments de formation et intérêt prononcé pour la modélisation moléculaire
- Aisance avec l'utilisation et/ou conception de scripts (par ex. en Python)

Apport pour le candidat

- Première expérience de recherche
- Expérience pratique en dynamique moléculaire
- Mise en lien de la modélisation avec des travaux expérimentaux



VALORISATION DIRECTE DE METAUX PRECIEUX ISSUS DU RECYCLAGE SOUS FORME DE CATALYSEURS

Laboratoire des Systèmes HYbrides pour la Séparation (LHYS)

Niveau ingénieur (2A ou 3A), printemps/été 2025, durée 3 à 6 mois.

Contacts :

- Damien BOURGEOIS – damien.bourgeois@umontpellier.fr

Projet

Dans le cadre du développement d'une économie moderne basée sur une utilisation optimale des ressources naturelles, et donc sur le recyclage, nous étudions au laboratoire la mise au point de circuits économiques courts, notamment par la valorisation directe de métaux précieux issus de déchets dans des applications de catalyse. Après avoir récemment établi au laboratoire la validité du concept en catalyse homogène puis hétérogène [1,2] nous proposons de préparer de nouveaux catalyseurs hétérogènes, qui seront utilisés dans diverses réactions par nos partenaires dans le cadre d'un projet ANR. Ces catalyseurs seront obtenus à partir d'un flux de palladium, provenant du traitement de déchets électroniques, tout en évitant les étapes d'isolement et de purification ultime de ce métal (Fig. 1).

La préparation de produits finis sera effectuée en travaillant directement sur des flux de métaux précieux, obtenus selon des procédés hydrométallurgiques développés à l'ICSM [3,4]. A partir des solutions ainsi obtenues, des catalyseurs hétérogènes supportés à base de palladium seront préparés et caractérisés (taille, composition, structure des nanoparticules). L'effet de la présence d'autres métaux, ou encore d'acide fort dans les solutions métalliques employées, sur les propriétés physiques (surface spécifique, porosité) des matériaux obtenus fera l'objet d'une attention particulière afin d'interpréter les résultats des tests catalytiques.

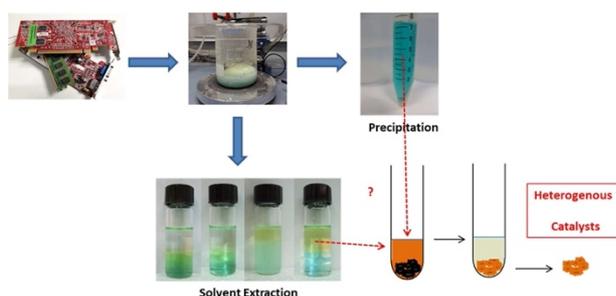


Figure 1 : Schéma de principe de la préparation des catalyseurs

Profil du candidat

Nous recherchons avant tout un candidat motivé affichant un goût pour les sujets pluridisciplinaires : chimie moléculaire, catalyse hétérogène, nanoparticules. Les techniques d'analyse et de caractérisations structurales employées seront variées (ICP-AES, MEB, DRX, BET) et sont disponibles au laboratoire.

Références

[1] V. Lacanau *et al.*, **ChemSusChem** 13, 5224 (2020) ; [2] M. Martin Romo y Morales *et al.*, **ChemCatChem** 15, e202300354 (2023) ; [3] D. Bourgeois *et al.*, **Hydrometallurgy** 191, 105241 (2020) ; [4] S .A. Moussaoui *et al.*, **Sep. Purif. Technol.** 119293 (2021).



ÉTUDE DE LA DISSOLUTION SÉLECTIVE DES MÉTAUX PRÉSENTS DANS DES DECHETS ÉLECTRONIQUES BROYÉS

Laboratoire des Systèmes HYbrides pour la Séparation (LHYS)

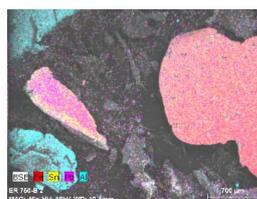
Niveau ingénieur (2A ou 3A), T2/T3 2025, durée 4 à 6 mois

Contacts :

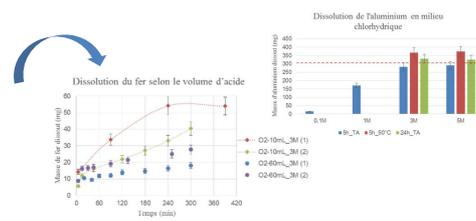
- Damien BOURGEOIS – damien.bourgeois@umontpellier.fr

Sujet

La récupération des métaux d'intérêt présents dans des déchets électroniques (DEEE) est au cœur des enjeux actuels en matière de recyclage et de sécurisation des approvisionnements. Nos équipes (L2IA et LHYS) à l'ICSM sont centrées sur des thématiques de récupération de divers métaux [1,2], et de développement de nouveaux systèmes physico-chimiques de séparation [3,4]. Dans le cadre d'un projet collaboratif (ANR, puis PEPR Recyclage), nous étudions la dissolution sélective de métaux présents dans des broyats de DEEE par des mousses [5].



DEEE Broyés



Etude cinétique et thermodynamique

Figure 1 : Broyats caractérisés par MEB & exemple d'étude de dissolution

L'objectif du stage proposé consiste à étudier en détail un système qui permet la mise en solution sélective du cuivre récemment mis au point au laboratoire, et basé sur des mousses de pH neutre. Il s'agira lors de ce stage de préciser l'effet de divers paramètres (température, concentration, durée de contact, ratio solide/liquide...) et de complètement caractériser les phénomènes chimiques complexes qui entrent en jeu, à la fois sur des systèmes modèles (mélanges de poudres de métaux) et des systèmes réels (broyat de DEEE).

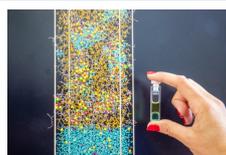
Les taux de dissolution des métaux considérés seront déterminés après une analyse ICP des lixiviats. En outre, les solides seront caractérisés avant et après dissolution par microscopie électronique à balayage (MEB) et diffraction des rayons X sur poudre (DXRP). A terme, l'enjeu est de bien comprendre les interactions entre les divers métaux (phénomènes redox), et leur influence sur les cinétiques et rendements de dissolution dans le procédé.

Profil

Ce sujet s'adresse à un(e) élève ingénieur(e) chimiste ou équivalent, possédant de bonnes connaissances en chimie générale, et attiré par un sujet appliqué. La personne en charge du sujet devra interagir avec l'ensemble des chercheurs de l'ICSM affectés au projet.

Références

[1] D. Bourgeois *et al.*, **Hydrometallurgy** 191, 105241 (2020) ; [2] V. Lacanau *et al.*, **ChemSusChem** 13, 5224 (2020) ; [3] D. Bourgeois *et al.*, **Curr. Opin. Colloid Interface Sci.** 46, 36 (2020) ; [4] C. Micheau *et al.*, **Env. Sci. Nano** 6, 1576 (2019) ; [5] E. Régnier *et al.*, **C. R. Chimie** 27, 1 (2024).



ÉTUDE DE LA RECUPERATION SELECTIVE DES METAUX PRECIEUX A PARTIR DE LIXIVIATS DE DECHETS ELECTRONIQUES BROYES

Laboratoire des Systèmes HYbrides pour la Séparation (LHYS)

Niveau ingénieur (2A ou 3A), printemps/été 2025, durée 4 à 6 mois

Contacts :

- Damien BOURGEOIS – damien.bourgeois@umontpellier.fr

Contexte

La récupération des métaux d'intérêt présents dans des déchets électroniques (DEEE) est au cœur des enjeux actuels en matière de recyclage et de sécurisation des approvisionnements. Nos équipes (LHYS à l'ICSM et LPSD au DMRC) sont respectivement centrées sur des thématiques de récupération des métaux précieux [1,2] et de développement de nouveaux procédés de séparation [3,4]. Dans ce cadre, nous avons étudié l'extraction sélective du palladium à partir de lixiviats (solutions issues de la dissolution plus ou moins sélective) de DEEE, et montré que certains dérivés de la famille des malonamides peuvent présenter d'excellentes propriétés (affinité et sélectivité, Fig. 1) [5]. Ces molécules peuvent être intégrées sur support solide [6], en appliquant les méthodologies développées pour la décontamination des effluents aqueux radioactifs.

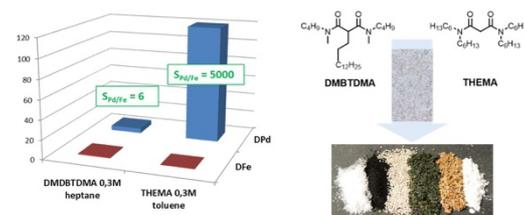


Figure 1 : Intégration des principes actifs MA sur support

Le travail du stage consiste à concevoir, synthétiser et étudier le fonctionnement en milieu simulé puis réel de matériaux fonctionnalisés capables d'extraire sélectivement le palladium des éléments indésirables co-extraits lors de la dissolution. Ce projet comporte plusieurs volets :

- Design, obtention et caractérisation de greffons organiques spécifiques aux éléments cibles ;
- Sélection et obtention des supports solides ;
- Obtention et caractérisation des matériaux incorporant les greffons ;
- Evaluation des capacités de décontamination des matériaux sur effluents simulés et de l'impact des différents paramètres sur ces dernières ;
- Etude de la récupération du palladium.

Pour cette étude, les laboratoires LHYS et LPSD disposent de moyens d'élaboration et de caractérisation des greffons (RMN liquide, UHPLC/MS) caractérisation des solides (MEB, granulomètre laser, BET, ATG, RMN solide) et d'analyses chimiques en solution (chromatographie ionique, ICP-AES). L'ensemble des travaux seront conduits sur le site nucléaire de Marcoule, sur les installations de l'ICSM et de HERA.

Profil

Ce sujet s'adresse à un(e) ingénieur(e) chimiste ou équivalent, possédant de bonnes connaissances en chimie générale, et attiré(e) par un sujet appliqué, à l'interface entre chimie moléculaire (chimie de coordination), caractérisation analytique et génie chimique.

Références

- [1] D. Bourgeois *et al.*, **Hydrometallurgy** 191, 105241 (2020) ; [2] R. Poirot *et al.*, **ChemPhysChem** 17, 2112 (2016) ; [3] T. Le Nedelec *et al.*, **New J. Chem.** 42, 14300 (2018) ; [4] S. Bouali *et al.*, **J. Supercrit. Fluids** 149, 64 (2019) ; [5] S. A. Moussaoui *et al.*, **Sep. Purif. Technol.** 119293 (2021) ; [6] S. Bourg *et al.*, **Chem. Mater.** 13, 491 (2001).



SYNTHÈSE DE PHÉNANTHROLINE DICARBOXAMIDES POUR LA SÉPARATION DES LANTHANIDES

Laboratoire des Systèmes HYbrides pour la Séparation (LHYS)

Master 2, Durée 6 mois à partir de février/mars 2025

Contacts :

- Marie SIMONNET – marie.simonnet@cea.fr

Contexte

Les terres rares (lanthanides, scandium, yttrium) sont des éléments essentiels pour de nombreuses applications courantes (batteries, aimants, écrans, etc.). Cependant, leur répartition inégale dans le monde engendre des difficultés d'approvisionnement pour certains pays, surtout en Europe. De plus, les procédés industriels actuels manquent d'efficacité pour la purification séparée de ces éléments. En effet, les molécules extractantes utilisées présentent une faible sélectivité intra-lanthanide. Il est donc nécessaire de proposer des alternatives. Nos travaux antérieurs [1] ont montré que l'utilisation d'une phénanthroline dicarboxamide (= PTdA, Fig. 1.a) lipophile associée à un diglycolamide (= DGA, Fig. 1.b) hydrophile permet d'obtenir un grand facteur de séparation pour les lanthanides adjacents Pr et Nd mais dans des conditions difficiles à mettre en œuvre (solvant nitrobenzène). Pour rester dans un solvant aliphatique moins toxique, il est aussi possible d'inverser les lipophilicités, i.e. DGA lipophile et PTdA hydrophile [2] mais au détriment de la sélectivité.

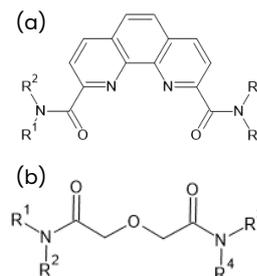


Figure 1: a) Structure de base des PTdA ; b) Structure de base des DGA

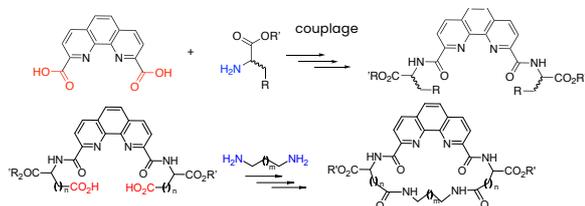


Schéma 1: a) Schéma réactionnel envisagé avec le couplage de phénanthroline acide dicarboxylique et d'acides aminés pour les ligands hydrophiles ; b) Synthèse de molécules cycliques de taille variable

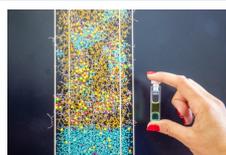
de nouvelles molécules acycliques, puis cycliques avec une synthèse plus complexe (Schéma 1.b), seront synthétisées. Une fois les différentes molécules synthétisées, elles seront testées (seules pour les lipophiles, en association avec un DGA lipophile pour les hydrophiles) en ciblant les séparations délicates d'éléments consécutifs Pr/Nd et Tb/Dy. L'effet des anions (nitrates, chlorures voire sulfates) en phase aqueuse pourra être abordé si le temps le permet.

Profil

- Etudiant de Master 2 chimie organique

Références

[1] M. Simonnet *et al.*, *Solv. Extr. Ion Exch.* 41, 857 (2023) ; [2] K. R. Johnson *et al.*, *JACS Au* 3, 584 (2023).



SYNTHESE DE ZEOLITES PAR COMPRESSION OSMOTIQUE

Laboratoire Ions aux Interfaces Actives (L2IA)

Master 2, Durée 6 mois à partir de février 2025

Contacts :

- Coralie PASQUIER – coralie.pasquier@cea.fr
- Arnaud POULESQUEN – arnaud.poulesquen@cea.fr

Contexte

Dans le contexte actuel de crise environnementale, il est urgent de développer des technologies innovantes pour lutter contre la pollution et gérer efficacement les substances toxiques. Les zéolites sont des aluminosilicates cristallins possédant une structure poreuse hautement ordonnée et une grande surface spécifique, ce qui leur permet d'adsorber des molécules et capturer sélectivement des polluants. La vaste majorité des zéolites est synthétisée en conditions hydrothermales [1]. Cette voie de synthèse est efficace mais énergivore, impliquant de hautes températures, et ne permet pas de suivre les phénomènes se produisant dans le milieu, en particulier la gélification de la mixture initiale d'aluminosilicates et l'évolution au cours du temps de ce gel colloïdal, jusqu'à la formation des zéolites.

Sujet

La compression osmotique est une technique qui a été utilisée pour étudier les interactions dans des dispersions colloïdales (particules de latex, protéines, particules d'argile...) [2-3]. Une suspension colloïdale est placée dans un sac de dialyse, lui-même plongé dans une solution de polymère (polyéthylène glycol (PEG) 20,000) de pression osmotique connue et supérieure à celle de la solution colloïdale. Par principe d'osmose, la solution colloïdale se concentre doucement jusqu'à l'équilibre des pressions osmotiques. La relation entre la pression osmotique finale et la concentration de la dispersion colloïdale donne des informations sur la nature des interactions en jeu, qui peuvent être affinées par des méthodes complémentaires telles que la diffusion des rayons X aux petits angles (SAXS), qui permet d'étudier la structure de solutions et de solides, et de déterminer la taille et la forme de particules.

Ce travail portera sur l'exploration du potentiel de la compression osmotique pour la synthèse de zéolites à partir de solutions gélifiées d'aluminosilicates [4]. Cette technique sera complétée de mesures en diffusion des rayons X sur le montage disponible à l'Institut de Chimie Séparative de Marcoule (ICSM). L'impact de la variation des conditions physico-chimiques (force ionique et nature du sel) sur la synthèse des zéolites sera également étudié.

Profil du candidat

- Etudiant de Master 2 chimie ou équivalent
- Compétences en matière molle, matériaux dispersés, physico-chimie des solutions colloïdales.

Références

[1] C. S. Cundy and P. A. Cox, **Chem. Rev.** *103*, 663 (2003) ; [2] C. Bonnet-Gonnet *et al.*, **Langmuir** *10*, 4012 (1994) ; [3] C. Pasquier *et al.*, **Phys. Chem. Chem. Phys.** *18*, 28458 (2016) ; [4] A. Poulesquen *et al.*, **Soft Matter** *20*, 5538 (2024)



LA POLYMERISATION EN EMULSION REVISITEE

Syensqo Novecare R&D et Laboratoire Ions aux Interfaces Actives (L2IA)

Master 2, Durée 6 mois à partir de Février 2025

Contacts :

- Olivier DIAT – olivier.diat@cea.fr
- Pierre BAUDUIN – pierre.bauduin@cea.fr
- Jean-Christophe CASTAING – jean-christophe.castaing@syensqo.com

Contexte

La polymérisation en émulsion est une technique clé dans l'industrie des polymères, offrant des avantages significatifs tels que la facilité de manipulation, la haute efficacité de réaction et la possibilité de produire une grande variété de polymères avec des propriétés spécifiques. Cependant, malgré ses nombreux avantages, cette méthode présente également des défis et des verrous technologiques. L'un des principaux enjeux réside dans la stabilité des émulsions, car des variations subtiles dans les conditions de réaction peuvent entraîner la coalescence des gouttelettes, affectant ainsi la taille des particules et la distribution des polymères formés. Un autre défi majeur est la maîtrise de la polymérisation pour obtenir des polymères avec des propriétés spécifiques, telles que la taille des particules, la distribution de taille et la fonctionnalité des groupes chimiques. La conception de systèmes de catalyseurs et de surfactants adaptés ainsi que le contrôle précis des conditions de réaction sont essentiels pour surmonter ces défis.

Sujet

Nous proposons au cours de ce stage d'évaluer le potentiel d'additifs chimiques très innovants sur la modification des conditions de polymérisations en émulsion. Bien formulés, ces nouveaux ingrédients sont susceptibles, par exemple, de modifier les coefficients de partage hydrophile/hydrophobe des autres éléments constitutifs du milieu réactionnel ou d'influencer l'activité catalytique des initiateurs de polymérisation ; ce qui est susceptible d'ouvrir la voie à des cinétiques de polymérisation totalement modifiés. En résumé, bien que la polymérisation en émulsion offre des opportunités prometteuses pour la fabrication de polymères avancés, son développement continue de nécessiter des avancées significatives dans la solubilisation des monomères, la stabilité des émulsions, le contrôle de la polymérisation et la purification des produits finaux.

Ce stage se déroulera principalement dans les laboratoires de recherche de SYENSQO à Aubervilliers (financement Syensqo), en collaboration avec l'ICSM pour certaines caractérisations physico-chimiques spécifiques.

Profil du candidat

- Physico-chimiste ou chimiste
- Intérêt pour la formulation

Apport pour le candidat

- Première expérience de recherche en lien avec le milieu industriel
- Expérience pratique en formulation et analyse physico-chimique



SOLUBILISATION D'UN PRINCIPE ACTIF PHARMACEUTIQUE PAR DES NANO-IONS SUPERCHAOTROPES : ÉTUDE (SUPRA-)MOLECULAIRE

Laboratoire des Ions aux Interfaces Actives (L2IA)

Master 1 ou 2, Durée 3-6 mois à partir de février 2025

Contacts :

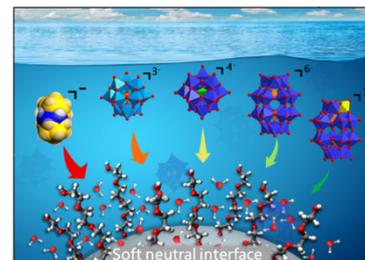
- Pierre BAUDUIN – pierre.bauduin@cea.fr

Contexte

Augmenter la solubilité d'un composé organique, définie comme la concentration maximale dans un solvant, bien souvent l'eau, est un enjeu clé dans de nombreux domaines, notamment pharmaceutique. L'amélioration de la solubilité de principes actifs hydrophobes, comme la curcumine, est cruciale pour augmenter leur biodisponibilité et leur efficacité thérapeutique.

Des sels nanométriques qualifiés de superchaotropes (SC) se sont récemment révélés prometteurs pour accroître la solubilisation de composés hydrophobes.

Ces nano-ions purement inorganiques, tels que les clusters de bore et les polyoxométalates, se lient fortement à la matière organique dans l'eau via des mécanismes non-électrostatiques, agissant comme solubilisants par auto-assemblage moléculaire. Cependant, les mécanismes exacts de ces interactions, notamment leur rôle dans les premières étapes de l'agrégation supramoléculaire, restent à explorer.



Sujet

Ce stage vise à étudier :

- La solubilité d'un composé modèle (la curcumine et ses dérivés) en présence de nano-ions SC.
- Les mécanismes d'interaction moléculaire, notamment les étapes précoces d'auto-assemblage et leur anisotropie.
- L'organisation supramoléculaire des formes pré-agrégées grâce à des techniques avancées, dont la diffusion de seconde harmonique (SHS).

L'étudiant(e) utilisera une approche expérimentale innovante alliant des **mesures de solubilité et d'auto-assemblage** par diffusion de la lumière et des rayons X aux petits angles, DLS/SLS/SAXS, turbidité, spectroscopies UV-vis et Raman (ICSM). Des **études optiques non linéaires** en collaboration avec le département D3 de l'ICGM (Montpellier) sont envisagées pour caractériser l'organisation supramoléculaire via la SHS.

Ce travail contribuera aussi à ouvrir des applications dans d'autres domaines, tels que la formulation de produits agrochimiques, de colorants et de milieux réactionnels.

Profil du candidat

- Étudiant de niveau Master (M1 ou M2) chimie, physique chimie
- Intérêt pour la physico-chimie en solution, systèmes colloïdaux et la spectroscopie

Apport pour le candidat

- Première expérience de recherche en physico-chimie
- Expérience en réalisation de diagramme de phase, expériences de diffusion du rayonnement

Références

P. Bauduin *et al.*, *J. Colloid Interface Sci.* 638, 561 (2023) ; G. Martin-Gassin *et al.*, *J. Phys. Chem. Lett.* 13, 6883 (2022) ; P.-M. Gassin *et al.*, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 25, 22913 (2023).



DECONTAMINATION DE MATRICES CIMENTAIRES SOUS ULTRASONS

Laboratoire de Sonochimie dans les Fluides Complexes (LSFC)

Master 1 ou M2, Durée 3-6 mois à partir de février 2025

Contacts :

- Rachel PFLIEGER – rachel.pflieger@cea.fr
- Antoine LEYBROS – antoine.leybros@cea.fr

Sujet

L'activité humaine génère de grands volumes de solides (gravats, sols, résines échangeuses d'ions etc.) contaminés de manière radioactive (^{137}Cs , ^{90}Sr voire actinides) ou chimique (métaux lourds, mais également PCB, pesticides, dioxines, hydrocarbures etc.). Leur décontamination ou dépollution, même partielle, s'avère souvent utile voire nécessaire en vue soit de la réutilisation des solides (sols, en particulier), soit de leur décatégorisation (dans le cas de déchets radioactifs).

A l'heure actuelle, il existe peu de technologies robustes, simples d'utilisation et économiquement viables, pour le traitement de gravats à de larges niveaux de contamination. Les différentes méthodes de décontamination précédemment étudiées ont des coûts d'investissement/fonctionnement élevés et peuvent induire des risques de dissémination de déchets secondaires, en particulier dans l'air.

Nous nous intéressons ici à l'apport d'une irradiation ultrasonore sur les procédés basés sur la lixiviation des solides à traiter. En effet, la propagation d'une onde ultrasonore en solution provoque divers phénomènes qui peuvent contribuer à une meilleure libération de la contamination, qui passe alors du solide à la solution, de façon plus rapide et en conditions plus douces. Les effets physiques des ultrasons sont bien connus : agitation de la solution, meilleure dispersion des réactifs, en particulier des poudres, diminution de la taille des couches de diffusion, augmentation des transferts de matière, menant à une accélération des cinétiques de réaction.

Le travail de stage consistera en la préparation de solides contaminés modèles (matrices cimentaires), de dimensions et pollution contrôlées, leur caractérisation, et leur traitement dans différentes conditions pour optimiser leur décontamination et la cinétique de désorption. Une étude bibliographique de la spéciation du polluant dans le solide et en solution sera préliminaire au travail de stage. Seront utilisées les techniques MEB, DRX, ICP, fluo X.

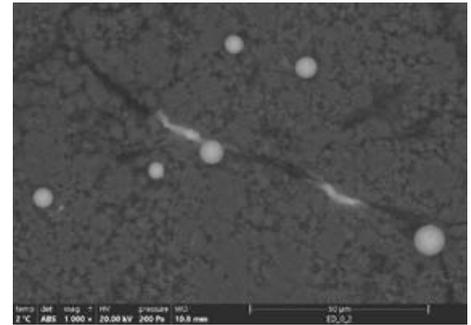


Figure 1 : Image MEB d'un mortier contaminé par du mercure (barre d'échelle 50 μm)

Profil du candidat

- Etudiant de niveau Master M1 ou M2 chimie inorganique, chimie analytique ou chimie séparative

Apport pour le candidat

- Première expérience de recherche
- Travail dans un environnement international
- Opportunité de travailler sur deux laboratoires au riche parc instrumental
- Recherche dans la dépollution/décontamination, thématique d'avenir et pleine de sens

