

Proposition de post-doc au laboratoire Navier

Synthèse de zéolites via compression osmotique pour la fonctionnalisation de matériaux alcalis activés

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 polluants persistants tels que les PFAS (substances per- et polyfluoroalkylées) et les gaz à effet de serre comme le protoxyde d'azote (N_2O) représentent des défis majeurs pour la protection de l'environnement et la santé publique. Les approches traditionnelles de traitement de ces polluants présentent souvent des limites en termes d'efficacité et de durabilité. Il est donc crucial de développer de nouvelles solutions capables de capturer et de neutraliser ces substances de manière plus sélective et efficace.

Les nanoparticules, en particulier celles dérivées des zéolites, offrent un potentiel prometteur en raison de leurs propriétés uniques, telles que leur capacité à être fonctionnalisées pour des applications spécifiques. Ces matériaux sont reconnus pour leur aptitude à adsorber des molécules et à capturer sélectivement des polluants grâce à leur structure poreuse hautement ordonnée et leur grande surface spécifique. Cependant, la synthèse de ces nanoparticules dans des conditions optimales reste un défi. Les méthodes actuelles de synthèse des nanoparticules sont souvent complexes et énergivores, nécessitant un contrôle précis des conditions expérimentales pour obtenir les propriétés souhaitées.

Dans ce contexte, la compression osmotique émerge comme une technique potentiellement révolutionnaire pour la synthèse de nanoparticules. Cette méthode, qui repose sur le contrôle de la pression osmotique externe, pourrait offrir une approche plus douce et plus économique pour la production de zéolites. Cependant, l'application de la compression osmotique à la synthèse de nanoparticules et au suivi des processus de transition de phase n'a pas encore été explorée de manière approfondie dans la littérature scientifique.

Le projet vise à explorer cette méthode innovante pour la synthèse de nanoparticules de zéolites aluminosilicatées en contrôlant la pression osmotique externe. En partant d'un gel aluminosilicaté amorphe et en contrôlant les conditions de compression osmotique, l'objectif est de comprendre et de suivre la transition de ce système gélifié vers des phases solides amorphes vitreuses ou gélifiées, ou encore cristallisées, telles que les zéolites. À cette fin, nous utiliserons des techniques avancées telles que l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) et la relaxométrie par Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) pour suivre in situ, de manière non destructive et avec une haute résolution temporelle, la dynamique de l'eau pendant les transitions de phase d'une suspension colloïdale vers une phase cristalline.

Une partie essentielle de ce travail sera la miniaturisation de la cellule de compression osmotique pour la rendre compatible avec l'instrumentation RMN. Cette miniaturisation permettra des mesures non invasives et détaillées de la dynamique de l'eau, facilitant ainsi le suivi des processus de nucléation et de croissance des nanoparticules. La capacité à suivre ces processus en temps réel est cruciale pour optimiser les conditions de synthèse et comprendre les mécanismes impliqués. L'influence des conditions physico-chimiques du gel et de la solution externe sur la dynamique des flux d'eau et les solides obtenus sera particulièrement étudiée dans le cadre de ce travail, en collaboration avec des études menées au CEA et à l'ICSM de Marcoule.

En conclusion, le projet propose une approche originale pour la synthèse de nanoparticules et la fonctionnalisation de matériaux avancés, avec des perspectives significatives pour la dépollution et la gestion des polluants. Nous recherchons des candidats ayant une solide formation en physico-chimie des matériaux, en techniques d'imagerie ou en science des colloïdes pour rejoindre cette initiative ambitieuse.

Equipe d'encadrement : Le projet implique une collaboration entre plusieurs équipes reconnues pour leurs expertises complémentaires afin de développer ce projet exploratoire. Le CEA de Marcoule et l'ICSM, spécialistes des matériaux aluminosilicatés et de la compression osmotique (Arnaud Poulesquen du CEA, Coralie Pasquier et Michael Carboni de l'ICSM), ainsi que le Laboratoire Navier, experts en RMN et IRM appliquées aux matériaux poreux et à la dynamique des transferts hydriques (Rahima Sidi-Boulenouar et Benjamin Maillat de l'UGE).

Lieu Principal : Laboratoire Navier, Bâtiment Bienvenue, Champs-sur-Marne, 77420, France et CEA de Marcoule au début du projet .

Contacts : Arnaud Poulesquen (arnaud.poulesquen@cea.fr) & Rahima Sidi-Boulenouar (rahima.sidi-boulenouar@univ-eiffel.fr)

Références :

- (1) Chen, G.; Liu, G.; Pan, Y.; Liu, G.; Gu, X.; Jin, W.; Xu, N. Zeolites and Metal–Organic Frameworks for Gas Separation: The Possibility of Translating Adsorbents into Membranes. *Chem. Soc. Rev.* 2023, 52 (14), 4586–4602. <https://doi.org/10.1039/D3CS00370A>.
- (2) Maillat, B.; Sidi-Boulenouar, R.; Coussot, P. Dynamic NMR Relaxometry as a Simple Tool for Measuring Liquid Transfers and Characterizing Surface and Structure Evolution in Porous Media. *Langmuir* 2022, 38 (49), 15009–15025. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c01918>.
- (3) Poulesquen, A.; Gomes Rodrigues, D.; Keshavarz, B.; Courtois, N.; Ilavsky, J.; McKinley, G. Aluminosilicate colloidal gels: from the early age to the precipitation of zeolite. *Soft Matter* 2024, 20. 10.1039/D4SM00181H. <https://doi.org/10.1039/D4SM00181H>.