

---

# ZEOLITHES ET METAL-ORGANIC FRAMEWORKS HYDROPHOBES POUR LE STOCKAGE D'ENERGIE MECANIQUE ET LA SEPARATION D'IONS EN PHASE AQUEUSE

DIRECTEUR DE THESE : ANDREY RYZHIKOV

CO-ENCADRANT: GÉRALD CHAPLAIS

INSTITUT DE SCIENCE DES MATERIAUX DE MULHOUSE (IS2M), 3B, RUE ALFRED

WERNER, 68093 MULHOUSE

TEL : 03 89 33 67 54 ; E-MAIL : [ANDREY.RYZHIKOV@UHA.FR](mailto:ANDREY.RYZHIKOV@UHA.FR)

Les solides microporeux hydrophobes tels que les zéolithes purement siliciques (zéosils) et les matériaux de type Metal-Organic Framework (MOF), présentent un grand intérêt pour les applications dans le domaine de l'absorption et du stockage d'énergie mécanique par intrusion-extrusion sous haute pression d'eau et de solutions salines aqueuses. L'utilisation de solutions salines concentrées permet d'augmenter considérablement les performances énergétiques de ces systèmes [1,2] en raison des phénomènes osmotiques ainsi que des énergies mises en jeu lors de la distorsion et de la déshydratation des ions solvatés durant l'intrusion. Ces solutions jouent un rôle particulier puisqu'elles peuvent changer le comportement des systèmes « solide microporeux – solution » en changeant les caractéristiques de l'intrusion [1,3]. Plusieurs études montrant l'influence de la nature de cation, d'anion ainsi que de leurs concentrations sur les performances d'intrusion-extrusion ont été menées par notre équipe. Cependant, le mécanisme d'intrusion des solutions salines dans les micropores hydrophobes reste insuffisamment compris. Contrairement à des travaux de simulation atomistique qui concluent au fait que les ions dans ces conditions n'entrent pas dans les pores, des études menées par diffraction de rayons X à haute pression *in situ* ont montré la présence d'ions hydratés à une concentration plus élevée que dans les solutions initiales [4]. De plus, la variation de comportement de nombreux systèmes « solide microporeux – solution » en fonction de la concentration et de la nature d'ions, ne peut être expliquée que par la pénétration des ions dans la porosité. Plus généralement, le concept de l'intrusion des solutions salines dans les micropores hydrophobes peut être étendu à l'extraction des sels de solutions, ou à la séparation des ions hydratés et à la désalination d'eau. Dans ce sens, des résultats très récents ont montré pour la première fois que certains systèmes « zéosil – mélange d'électrolytes » peuvent aboutir à une intrusion sélective à basse pression. Ce phénomène n'a jamais été reporté dans la littérature.

Ce projet est centré sur l'étude de l'intrusion de solutions salines dans les zéosils et les MOFs hydrophobes, et vise à la compréhension des mécanismes d'intrusion en fonction de la structure, la composition des solides poreux, ainsi que de la nature d'ions et la concentration des solutions. L'accent sera mis sur l'obtention des systèmes à fortes performances énergétiques, mais également sur la séparation des ions par intrusion. Ces travaux reposeront sur la synthèse et la caractérisation des matériaux microporeux, les tests d'intrusion-extrusion ainsi que l'étude analytique des solutions après intrusion.

[1] G. Confalonieri, R. Arletti, H. Nouali, J. Daou, A. Ryzhikov, *Molecules* **25**, 2145 (2020).

[2] G. Ortiz, H. Nouali, C. Marichal, G. Chaplais, J. Patarin, *J. Phys. Chem. C* **118**, 7321 (2014).

[3] A. Astafan, H. Nouali, G. Chaplais *et al.*, *Phys.Chem. Chem. Phys.* **27**, 8552 (2025).

[4] G. Confalonieri, A. Ryzhikov, R. Arletti *et al.*, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **22**, 5178, (2020).