

## Dynamique de colmatage d'un milieu poreux par des particules colloïdales

La formation de bouchon est un problème récurrent et presque inévitable lors de l'écoulement de solutions diluées de particules dans les milieux poreux naturels et industriels. A cause de la complexité du processus de colmatage, des études récentes se sont concentrées plus spécifiquement sur les caractéristiques du colmatage, à l'échelle du pore, principalement au sein de dispositifs microfluidiques. Grâce à cette approche nous avons pu étudier à l'IPR la dynamique de formation d'un bouchon dans des situations très confinées (pore légèrement plus grand que le diamètre des particules). Dans cette configuration, les particules sont capturées par la paroi mais aussi par les particules immobiles dans le pore<sup>1</sup>. Pour des confinements moins importants, c'est la croissance d'agrégats à partir de la surface du pore qui conduit au colmatage<sup>2-3</sup>.

L'objectif principal de la thèse est la détermination de la dynamique de colmatage partiel ou total par des particules colloïdales de milieux poreux modèles avec des pores interconnectés (figure A). Dans de tels milieux, même pour des fluides simples, il existe des écoulements suivant des chemins privilégiés, principalement à cause de la distribution de taille de pores (figure C, gauche). Nous déterminerons comment les dépôts colloïdaux dans la structure poreuse vont modifier cette répartition des écoulements (figure C, droite), ce qui à son tour va modifier à la fois la vitesse de colmatage et la localisation des pores colmatés (figure A et B). Nous étudierons les propriétés structurales des dépôts de particules, ce qui permettra de déterminer le lien entre la porosité de ces dépôts, leur résistance hydrodynamique locale, et la répartition des écoulements dans l'ensemble du milieu poreux. Dans le même temps nous déterminerons les propriétés d'écoulement (champ de vitesses) au sein du milieu poreux partiellement colmaté, grâce à l'injection de pulse de fluorescéine<sup>5</sup>. Nous chercherons à établir un modèle hydrodynamique pour relier les champs de vitesses aux résistances hydrodynamiques locales. Ensuite nous quantifierons l'impact des différents paramètres importants dans le colmatage, comme la force ionique de la solution, qui lorsqu'elle augmente accélère l'agrégation des particules, la distribution de taille de pores (mono vs. polydisperse) ainsi que les vitesses d'écoulement.

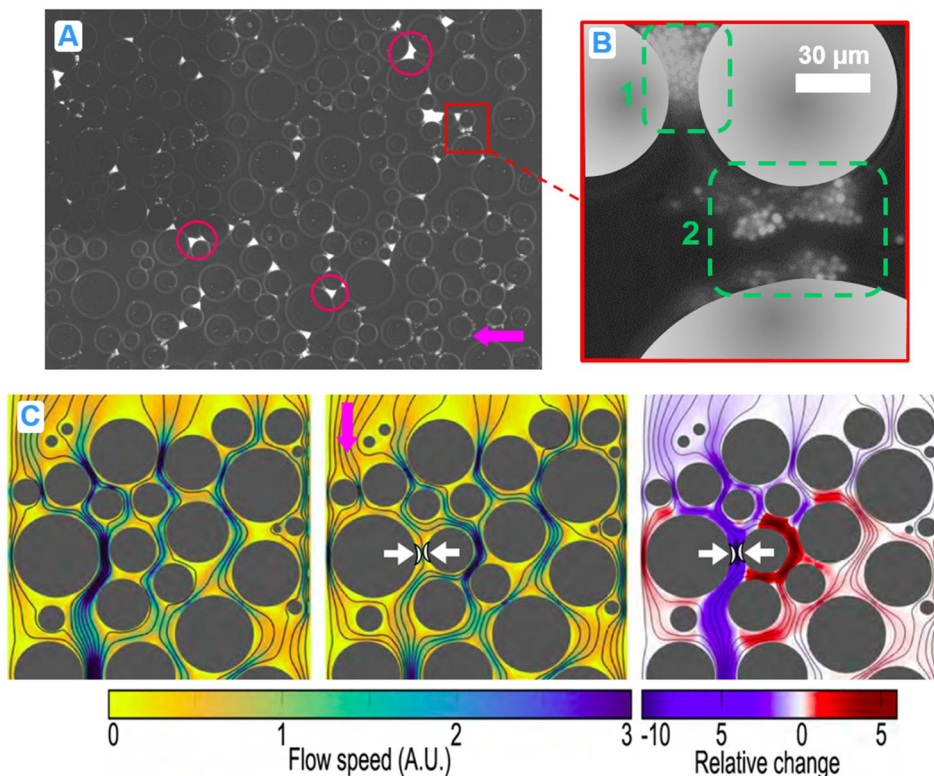


Figure : A-Colmatage partiel du milieu poreux lors de l'écoulement en son sein d'une solution aqueuse de particules fluorescentes de polystyrène de  $1\mu\text{m}$ , avec quelques bouchons délimités par des cercles. B-Zoom sur deux pores délimités par trois cylindres (gris), l'un complètement colmaté (1) et l'autre que partiellement (2). C-Ecoulement dans un milieu poreux constitué de cylindres (gauche). La flèche donne le sens de l'écoulement (gauche). L'obstruction partielle d'un des pores (indiqué par les flèches blanches) entraîne un changement du champ de vitesse sur l'ensemble du milieu poreux (au milieu et à droite).

Cette thèse est principalement expérimentale et elle est basée sur une méthodologie originale développée à l'IPR (contrôle de la géométrie des pores, de la physico-chimie de la solution et utilisation de la microscopie confocale). Quelques développements numériques sont prévus pour déterminer les conditions d'écoulement au sein du milieu poreux au cours du colmatage, en collaboration avec P. de Anna (Université de Lausanne), un spécialiste des écoulements dans les milieux poreux. Nous utiliserons des particules colloïdales fluorescentes core-shell synthétisées par Joris Sprakel<sup>4</sup> (université de Wageningen). Leur structure va nous permettre de définir plus précisément la structure interne des dépôts. Nous comptons aussi développer des codes d'analyse d'images pour mieux tirer parti de ces particules modèles.

**Profil :** Expérimentateur en physique et mécanique des fluides, avec des notions élémentaires si possible sur la physico-chimie des colloïdes et sur les suspensions. Un profil fondamental type physique des liquides ou matière molle est souhaitable mais des profils plus génie des procédés seront aussi considérés.

**Début de la thèse en octobre 2018.** Des séjours à Lausanne et Wageningen sont prévus au cours de la thèse.

**Financement :** Allocation ministère (1750€ brut).

**Mots clés :** colloïde, microfluidique, milieux poreux, colmatage, suspension dense

**Contact :** Hervé Tabuteau ([herve.tabuteau@univ-rennes1.fr](mailto:herve.tabuteau@univ-rennes1.fr)), Institut de physiques de Rennes, département milieux divisés (<https://ipr.univ-rennes1.fr>). Tel : 02.23.23.55.47

#### Références :

- [1] *Clogging of a single pore by colloidal particles*. B. Dersoir, MR. de Saint Vincent, M. Abkarian, **H. Tabuteau**. *Microfluidics and Nanofluidics* 19 (4), 953-961, 2015.
- [2] *Dynamics of colloid accumulation under flow over porous obstacles*. MR. de Saint Vincent, M. Abkarian, **H. Tabuteau**. *Soft Matter* 2015.
- [3] *Clogging Transition Induced By Self Filtration In a Slit Pore*. B. Dersoir, A.B. Schofield and **H. Tabuteau**. *Soft Matter*.2017.
- [4] *Precise colloids with tunable interaction for confocal microscopy*. TE. Kodger et al. *Scientific reports*, 2015.
- [5] *Mixing and Reaction Kinetics in Porous Media: An Experimental Pore Scale Quantification*. P. de Anna, J. Jimenez-Martinez, **H. Tabuteau** et al. *Env. Sci. and Tech*, 2013.