

Approches expérimentales multi-échelles au laboratoire pour l'étude de la génération / consommation d'hydrogène en conditions de stockage géologique

Cyrielle Fauveau, Rabie Ferhat Hamida, Emeline Vidal, Cyril Aymonier, Carole Lecoutre, Yves Garrabos, Olivier Nguyen, Anthony Ranchou-Peyruse, Arnaud Erriguible, Anaïs Cario and Samuel Marre

Keywords: procédés multi-échelles HP / HT, Génération / consommation d'hydrogène, Réactions Biogéochimiques, Méthanogénèse.

Parmi les environnements considérés pour le stockage géologique du CO₂ et de l'hydrogène, les aquifères salins profonds apparaissent comme des solutions de choix possédant des caractéristiques intéressantes en termes de volumes et d'accessibilité. Néanmoins, ces environnements complexes peuvent être très sensibles à l'injection possiblement réactive d'un nouveau composé.

Par exemple, des réactions géochimiques peuvent s'y dérouler permettant la génération d'hydrogène in situ lors d'une injection de CO₂ via la carbonatation de minéraux ferreux. A l'opposé, le stockage de l'hydrogène peut y être problématique du fait de la consommation de ce dernier par des réactions abiotiques ou biotiques, conduisant à des pertes de rendement ou d'injectivité (bouchage des structures poreuses par des minéraux ou des biofilms).

Ainsi, afin de considérer plusieurs scénarios qui pourraient avoir lieu dans ces environnements lors d'un stockage de CO₂ ou d'hydrogène, il s'agit de disposer de données expérimentales (permettant en particulier d'alimenter les modèles) qui sont difficilement accessibles directement sur les sites de stockage. Nous avons donc développé une instrumentation multi-échelles (bioréacteurs microfluidiques et millifluidiques) afin de réaliser des expérimentations prenant en compte à la fois les aspects thermodynamiques, hydrodynamiques, géochimiques et microbiologiques. Ces outils, couplés à des techniques de caractérisation in et ex situ permettent d'avoir accès aux mécanismes se déroulant depuis l'échelle du pore jusqu'à l'obtention de cinétiques réactionnelles. Par ailleurs, l'utilisation de la microfluidique haute pression peut permettre d'envisager la mise en place d'outils de criblage rapide pour la génération de données concernant les réactivités biochimiques dans ces environnements profonds. Nous nous sommes plus particulièrement intéressés à deux réactions : La carbonatation de minéraux ferreux et la méthanogénèse. Dans les deux cas, les cinétiques réactionnelles ont pu être déterminées pour certaines conditions expérimentales considérées ($50 < p$ (bar) < 200 et $25 < T(^{\circ}C) < 130$) démontrant des réactions relativement rapides. Par ailleurs, nous nous sommes interrogés sur la toxicité de l'H₂ sur des micro-organismes méthanogènes modèles, en étudiant en particulier le développement de biofilms en fonction des paramètres opératoires.

Les perspectives de travail concernent (i) l'analyse des cinétiques de consommation d'H₂ in situ ainsi que le suivi évolutif des communautés microbiennes à partir d'échantillons réels (Collaboration Géoressources et BRGM), (ii) l'étude de la génération de bio-hydrogène en conditions de réservoir géologique à partir de micro-organismes modèles hyperthermophiles (collaboration I2BS, IMPMC-MNHN et IFPEN), et également (iii) la génération abiotique d'H₂ couplée à la valorisation du CO₂, en utilisant l'instrumentation développée à l'ICMCB.

Colloque HydroGEMM - 2023 15-17 nov. 2023, Université de Pau et des Pays de l'Adour

Samuel Marre, Cyrielle Fauveau, Rabie Ferhat Hamida, Emeline Vidal, Cyril Aymonier, Carole Lecoutre, Yves Garrabos, Olivier Nguyen, Anaïs Cario
Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, ICMCB, UMR 5026, F-33600, Pessac, France.
samuel.marre@icmcb.cnrs.fr ; anais.cario@icmcb.cnrs.fr

Anthony Ranchou-Peyruse
Université de Pau & Pays Adour,
E2S-UPPA, CNRS, IPREM, Pau, France.

Arnaud Erriguible
Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, ICMCB, UMR 5026, F-33600, Pessac, France.
Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, I2M, UMR 5295, F-33600, Pessac, France.