

Sujet de stage de M2:

Mobilisation du pétrole résiduel dans un milieu poreux par une solution alcaline

La récupération assistée du pétrole (EOR: enhanced oil recovery) permet d'améliorer le taux de récupération du pétrole, c'est-à-dire d'extraire du réservoir une fraction plus importante du pétrole initialement présent. L'optimisation des méthodes de récupération du pétrole représente un enjeu considérable car le taux de récupération des méthodes classiques est relativement faible : 30 % en moyenne et seulement de 3 à 10 % pour le pétrole lourd. Le pétrole est classiquement extrait par un certain nombre de puits tandis qu'un fluide immiscible avec le pétrole est injecté dans le milieu par d'autres puits pour déplacer le pétrole dans le milieu, favorisant ainsi son extraction. Le déplacement d'un liquide par un autre dans un milieu poreux est un phénomène complexe, car l'efficacité du processus dépend de la géométrie de l'interface entre les deux liquides: il y a souvent digitation du liquide injecté à travers le pétrole. Quand deux doigts se rejoignent il laissent derrière eux une poche de pétrole qu'il sera ensuite difficile de mobiliser (cf. Figure1). Lorsque les deux liquides sont newtoniens, l'efficacité du déplacement est contrôlée par les viscosités des deux liquides, leurs densités, le coefficient de tension de surface de leur interface, l'angle de mouillage, et la vitesse moyenne d'écoulement imposée par le pompage.

Différentes stratégies sont employées en EOR pour améliorer le rendement du processus. Dans le cas des pétroles lourds en particulier, on utilise des polymers pour réduire le rapport de mobilité, initialement très défavorable au déplacement. Une autre approche, que nous explorerons au cours de ce stage, consiste à réduire la tension superficielle entre le pétrole et le fluide injecté par utilisation de solutions alcalines. Les alcalins réagissent sur des acides gras naturels du pétrole, ce qui génère in situ des surfactants qui abaissent la tension de surface entre les deux liquides, d'un rapport pouvant atteindre quelques ordres de grandeur. Ce processus provoque une émulsification, soit du pétrole dans l'eau, soit de l'eau dans le pétrole, selon la concentration en alcalin. Dans le cas de pétroles lourds, en particulier, une concentration importante en alcalin permet l'émulsification de l'eau dans le pétrole, ce qui peut grandement améliorer l'efficacité du déplacement du pétrole par la solution, par blocage des zones de grande perméabilité dans le milieu. Par contre, une concentration faible en alcalin conduit généralement à la formation d'une émulsion de pétrole dans l'eau, dont la mobilité est bien supérieure à celle de la phase pétrole initiale. L'efficacité de la technique dépend ainsi de l'évolution spatiale et temporelle des concentrations en ions alcalins dans le milieu. Cette évolution est contrôlée par la dispersion et le mélange de la solution injectée dans la phase fluide concernée, qui est soumise à un écoulement diphasique avec le pétrole. La caractérisation et la modélisation d'un tel processus de transport(-réaction) constitue actuellement un défi scientifique majeur, avec des applications potentielles dans l'EOR, l'extraction du gaz, le stockage de CO₂, la remédiation des sites contaminés ou encore les processus de transport dans la zone non saturée.

L'équipe Transferts d'Eau et de Matière en Milieux Hétérogènes Complexes de Géosciences Rennes a mis au point ces dernières années un dispositif expérimental permettant d'imager la distribution spatiale des concentrations de traceurs transportés par des fluides dans des milieux poreux (voir figure 1). Ce dispositif offre une vision nouvelle des processus de transport dans ces milieux, ouvrant des perspectives pour la modélisation prédictive de l'évolution temporelle et spatiale des concentrations et ses conséquences sur la réactivité des fluides. Le stagiaire utilisera un dispositif bidimensionnel déjà au

point, avec une évolution possible vers un dispositif tridimensionnel en cours de développement. Le dispositif bidimensionnel permet de faire s'écouler deux fluides (liquides ou gaz) dans un milieu poreux transparent constitué de grains cylindriques disposés dans une cellule de Hele-Shaw (voir figure 1), et d'enregistrer à intervalles de temps réguliers la géométrie des phases liquides dans le milieu, la différence de pression entre l'entrée et la sortie du milieu, mais également le champ de concentration d'un soluté présent dans l'une des phases. Ici on préparera une géométrie dans laquelle des amas de liquide non-mouillant (le pétrole) seront entourés de liquide mouillant (le fluide aqueux), et on injectera ce même fluide chargé en alcalins (de la soude NaOH, par exemple). On étudiera comment la distribution spatiale des concentrations en ions alcalins impacte l'émulsification du pétrole et sa mobilisation. Pour ce faire de la fluorescéine sera injectée en même temps que la solution alcaline; leurs coefficients de diffusion moléculaire étant identiques, on s'attend à ce que l'évolution temporelle de leurs champs de concentration le soient également. On recherchera la concentration en alcalin, le volume injecté et la vitesse d'injection optimaux, et on examinera différentes géométries et protocoles d'injection afin de déterminer la configuration la plus efficace.

Pour ce stage nous cherchons un étudiant de M2 intéressé par les expériences de laboratoires, la physique des écoulements diphasiques et les processus de mélange par écoulements. Avoir suivi des cours de master sur ces sujets sera un avantage. Le stage sera mené en collaboration avec un grand groupe Français du secteur de l'énergie et pourra déboucher sur un doctorat pour lequel une approche tridimensionnelle est envisagée.

Encadrants académiques: Yves Méheust et Tanguy Le Borgne (Géosciences Rennes):
yves.meheust@univ-rennes1, tanguy.le-borgne@univ-rennes1.fr .

Encadrant non-académique: Enric Santanach.

Collaboration: Joaquin Jimenez (LANL, Los Alamos, USA).

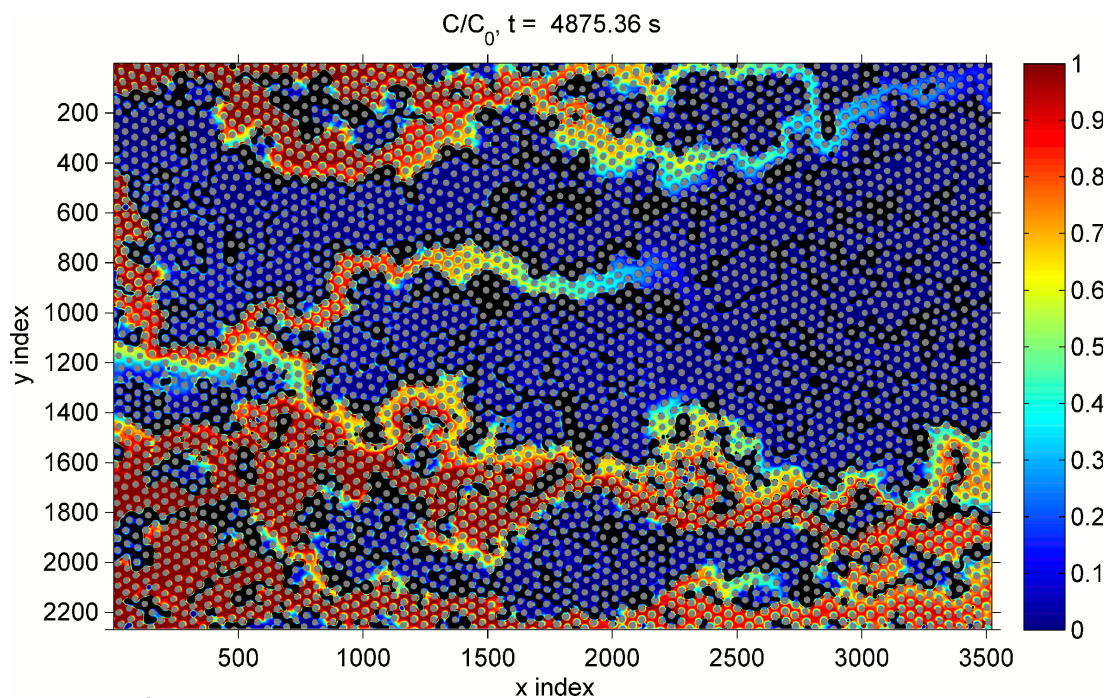


Figure 1: Écoulement simultané d'air et d'un mélange liquide eau/glycérol dans un milieu poreux bidimensionnel. Les grains du milieu apparaissent en gris et les bulles d'air en noir. Un soluté est injecté continuellement dans le liquide; sa concentration est représentée selon unpar une échelle de couleurs allant du bleu au rouge.