

Proposition de thèse de doctorat

Début : 2019-2020

Titre de la thèse :

**Relations entre la microstructure, les déformations et les écoulements dans des matériaux de faible perméabilité en conditions de saturation partielles**

Laboratoire : Institut de Génie Civil et Mécanique (GeM)

Equipes : MS et MEO

Localisation de la thèse : Ecole Centrale de Nantes en cotutelle avec l'Université de Rome TorVergata (Italie)

Demande de bourse complète : non

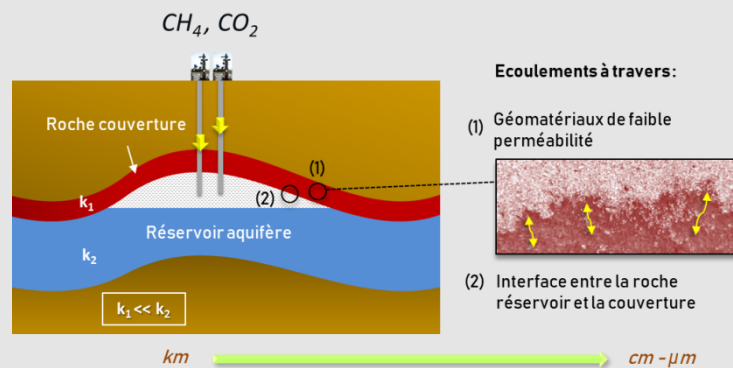
**Demande de demi-bourse : oui**

Le complément de bourse provient du projet ANR 2018 STOWENG (Coordinateur : G. Sciarra), le co-financement est acquis à ce jour.

<b>Directeurs de thèse :</b> <b>Julien Réthoré</b> <b>Francesca Casini (co-directeur de thèse en Italie)</b> Tél : Mail : <a href="mailto:julien.rethore@ec-nantes.fr">julien.rethore@ec-nantes.fr</a> ; <a href="mailto:francesca.casini@uniroma2.it">francesca.casini@uniroma2.it</a>	<b>Co-Encadrants :</b> <b>Giulio Sciarra</b> <b>Anne-Laure Fauchille</b> Tél : 02 40 37 68 16 Mail : <a href="mailto:giulio.sciarra@ec-nantes.fr">giulio.sciarra@ec-nantes.fr</a> <a href="mailto:anne-laure.fauchille@ec-nantes.fr">anne-laure.fauchille@ec-nantes.fr</a>
--	---

**Description du sujet**

Le stockage de gaz en formation aquifère souterraine se présente comme une solution intéressante pour garantir la continuité des apports énergétiques en réponse aux besoins industriels et particuliers actuels. Pendant la durée de l'exploitation, l'interface entre la roche réservoir et la roche couverture qui assure son étanchéité, est soumise à des conditions cycliques de chargements hydromécaniques provoqués par les injections et extractions répétées au cours des saisons (Figure ci-dessous).



Selon les formations géologiques, cette interface est caractérisée par des modifications plus ou moins diffuses ou abruptes de la nature de la roche et des fluides qu'elle contient, de ses propriétés pétrophysiques et de son comportement hydromécanique. Garantissant l'étanchéité du dispositif à long terme, cette interface est une zone critique malheureusement mal documentée, en particulier à l'échelle de sa microstructure (<cm). Il existe une grande variabilité d'interfaces géologiques à des échelles beaucoup plus larges (>100m) et l'interface entre un réservoir gréseux surmonté par une roche couverture argileuse a été

choisie pour cette étude.

Le travail de thèse proposé permet d'étudier les relations quantitatives et spatialisées entre la localisation des déformations et des écoulements dans (1) des géomatériaux de faible conductivité hydraulique et (2) à l'interface de deux géomatériaux caractérisés par des conductivités hydrauliques différentes, dans des conditions de saturation partielles.

Dans des conditions simplifiées, cette étude permettra de mieux comprendre les mécanismes de déformation, et éventuellement de fracturation, d'une roche couverture et de son interface avec la roche réservoir lors de l'injection et de l'extraction de gaz liquéfié.

A l'échelle du laboratoire (0.5µm-cm), des matériaux analogues de forte et faible perméabilité  $k$  (Figure ci-dessus), de type sol compacté, seront utilisées pour étudier leur réponse à des sollicitations hydrauliques et mécaniques (drainage et imbibition sous charges biaxiales). L'évolution spatiale de la microstructure et des écoulements sera suivie sur la surface des échantillons, contenus dans la cellule transparente d'une nouvelle machine biaxiale permettant l'injection de plusieurs phases fluides (gaz et liquides) en conditions de saturation partielle. Les champs de déplacements et déformation, la distribution des fluides et les modifications de la microstructure seront quantifiés par corrélation d'images numérique et suivi de marqueurs.

Ce travail présente des enjeux expérimentaux innovants tels que la préparation des échantillons de faible perméabilité analogues des géomatériaux présents à l'échelle de l'ingénieur, les expérimentations d'injection et le développement d'une méthodologie permettant la comparaison entre écoulements et déformations.

Des relations quantitatives entre la localisation des interfaces de fluides et l'intensité des déformations à l'échelle de la microstructure dans ce type de matériau sont fortement atténuées. Les résultats permettront de mettre en lumière les facteurs déclenchant les instabilités hydromécaniques de la roche couverture et de son interface avec la roche réservoir lors de l'exploitation d'un site de stockage souterrain de gaz en formation aquifère.

*Mots clés*: matériaux de faible perméabilité, analyse d'image, saturation partielle, microstructure, sol, déformation, fluide

### **Compétences demandées**

- Mécanique des fluides et des sols, géologie de l'ingénieur, analyse d'image, fracturation, programmation (Matlab par exemple)
- Travail en autonomie et en équipe

### **Commentaires supplémentaires**

Ce travail de thèse sera co-dirigé par l'Ecole Centrale de Nantes et l'Université de Rome TorVergata. Les activités expérimentales principales seront basées à Nantes et des activités complémentaires de caractérisation du comportement mécanique des géomatériaux en conditions de saturation partielle seront effectuées à Rome (plusieurs mois).

Ce sujet est proposé dans le cadre du projet ANR 2018 Stoweng (underground STOrage of reneWable ENergies in low permeability Geomaterials).