

## Titre

**Etude expérimentale des échanges gazeux dans le charbon dans le contexte d'injection de CO<sub>2</sub> et de récupération assistée de CH<sub>4</sub>**

## Sujet de thèse

Il existe encore en Lorraine d'importants gisements de charbon non exploités ou incomplètement exploités suite à l'arrêt de l'activité minière en France en 2004. Le charbon lorrain contient de très importantes ressources de gaz naturel. Ce gaz de charbon –ou gaz de houille- (CBM pour « Coal Bed Methane »), principalement constitué de méthane, est piégé (adsorbé) à la surface des micropores du charbon. L'empreinte carbone du gaz de charbon est dix fois plus faible que celle du mix de gaz naturel du réseau français. Par ailleurs, dans le cadre de la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la séquestration géologique du CO<sub>2</sub> produit par la combustion du CBM, mais également celui issu de la combustion de la biomasse, apparaît comme une des solutions les plus prometteuses. L'injection dans les veines de charbon, qui peut se faire en réutilisant d'anciens puits de CBM, permet une récupération assistée du méthane, i.e. remplacement du CH<sub>4</sub> par le CO<sub>2</sub>.

L'objectif de cette thèse de doctorat est d'améliorer la compréhension de la dynamique des phénomènes d'échanges gazeux CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub> (capacité et cinétique d'adsorption) sur les sites d'adsorption dans un contexte d'injection de CO<sub>2</sub> et de récupération assistée de CH<sub>4</sub>. Il s'agira également de mieux caractériser l'influence de l'eau (effet sur la capacité d'adsorption, effet de l'écoulement darcéen, dissolution). L'objectif final de la thèse est d'optimiser l'injection (nature des gaz, pression d'injection,...). Définir la pression maximale d'injection de CO<sub>2</sub> est important pour éviter que le gonflement matriciel n'induisse une diminution significative des propriétés pétrophysiques du charbon.

Des expériences seront menées en cellules de compression mécanique triaxiale (de type flow-through) dans les conditions de contraintes, pression de gaz et température représentatives des conditions in situ, afin de déterminer la pression de gonflement du charbon, l'évolution de la perméabilité en fonction de la nature du gaz (CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub>) et de la pression, les quantités de gaz adsorbées, ainsi que l'influence du couplage hydromécanique (augmentation de la porosité/perméabilité) que l'on distinguera du gonflement physico-chimique de la matrice (diminution de la porosité/perméabilité) via des tests avec N<sub>2</sub>. Des échantillons de charbon compactés seront utilisés pour ces expériences afin de s'affranchir des problèmes d'hétérogénéité en terme de fracturation inhérents au charbon. Les essais seront réalisés à différents pourcentages d'humidité et différentes pressions d'eau afin de caractériser l'influence de l'eau. Les fluides aqueux échangés seront analysés (pH, chimie) afin de discriminer les différents mécanismes. La caractérisation des interactions eau-gaz en surface du charbon nécessitera la réalisation expérimentale et la modélisation des isothermes de sorption au CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub>. Des échantillons de charbon carottés (naturellement fracturés) seront également testés par la suite afin de mieux prendre en compte le transport dans les fractures. Les essais sur échantillons fracturés seront réalisés sous nano-tomographe 3D aux rayons X afin d'analyser leur fermeture par gonflement matriciel lors de l'injection de CO<sub>2</sub>.

Ce travail de thèse sera réalisé au sein du laboratoire [GeoRessources](#) (équipe « Hydro-Géomécanique Multi-Echelles », UMR 7359 - GeoRessources UL) de Nancy, en collaboration avec le LCP-A2MC (EA 4632 Laboratoire de Chimie et Physique - Approche Multi-échelles des Milieux Complexes) de Saint-Avold.

### UMR 7359 GeoRessources

Ecole Nationale Supérieure de Géologie – Campus Brabois  
2 rue du Doyen Marcel Roubault – BP 10162 - 54505 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex – France  
Tél. +33 (0)3 72 74 45 54 – e-mail : [prenom.nom@univ-lorraine.fr](mailto:prenom.nom@univ-lorraine.fr)

Direction, Faculté des Sciences, Campus Aiguillettes – BP 70239 – 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex – France  
Tél. +33 (0)3 72 74 55 15 – [prenom.nom@univ-lorraine.fr](mailto:prenom.nom@univ-lorraine.fr)

## Compétences scientifiques recherchées

Base solide en pétrophysique, géomatériaux. Des compétences en adsorption et une connaissance des techniques de caractérisation de surface seraient également un avantage. Le goût et intérêt pour les expérimentations en laboratoire sont indispensables. Motivation et esprit d'initiative, capacité de travailler en équipe.

## Durée

3 ans : d'Octobre 2019 à Octobre 2022

## Salaire net

1500 € par mois

## Date limite de candidature

**31 mai 2019**

## Documents à fournir

- Lettre de motivation
- Curriculum vitae
- Copies des certificats de chaque diplôme universitaire et rapport de notes du Master
- Lettre de recommandation

## Eligibilité

- Les citoyens de toutes nationalités peuvent postuler
- Les candidats doivent détenir un diplôme de Master ou équivalent
- Les candidats dont la langue maternelle n'est pas le français doivent posséder des compétences en anglais écrit et oral

## Contacts

Dragan GRGIC (directeur, GeoRessources): [dragan.grgic@univ-lorraine.fr](mailto:dragan.grgic@univ-lorraine.fr)

Thierry ZIMNY (co-directeur, LCP-A2MC): [thierry.zimny@univ-lorraine.fr](mailto:thierry.zimny@univ-lorraine.fr)

Gisèle FINQUENEISEL (co-directeur, LCP-A2MC): [gisele.finqueneisel@univ-lorraine.fr](mailto:gisele.finqueneisel@univ-lorraine.fr)

## Lieux

UMR7359 [GeoRessources](#), Université de Lorraine - CNRS - CREGU

ENSG - Campus Brabois - "Bat. E"

2 rue du Doyen Marcel Roubault

54518 Vandoeuvre-lès-Nancy, France

Laboratoire de Chimie et de Physique Approche Multi-échelles des Milieux Complexes (EA 4632 LCP-A2MC),

Université de Lorraine

IUT de MOSELLE-EST

rue Victor Demange

57503 Saint-Avold, France

## UMR 7359 GeoRessources

Ecole Nationale Supérieure de Géologie – Campus Brabois

2 rue du Doyen Marcel Roubault – BP 10162 - 54505 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex – France

Tél. +33 (0)3 72 74 45 54 – e-mail : [prenom.nom@univ-lorraine.fr](mailto:prenom.nom@univ-lorraine.fr)

Direction, Faculté des Sciences, Campus Aiguillettes – BP 70239 – 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex – France

Tél. +33 (0)3 72 74 55 15 – [prenom.nom@univ-lorraine.fr](mailto:prenom.nom@univ-lorraine.fr)



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE

