

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

### SUJET DE THESE

**Titre de la thèse : Compréhension du comportement physicochimique des sources chaudes pour la production d'énergie par Géothermie.**

Directeur de thèse : Karine Ballerat-Busserolles  
Unité de rattachement : Institut de Chimie de Clermont-Ferrand (ICCF)  
Equipe : Thermodynamique et Interactions Moléculaires  
Etablissement de rattachement : Université Clermont-Auvergne (UCA)  
Courriel et téléphone : [karine.ballerat@uca.fr](mailto:karine.ballerat@uca.fr), Tel : 0473407189  
Co-encadrant éventuel : Yohann Coulier  
Unité de rattachement : ICCF et UCA  
Etablissement de rattachement : UCA

#### Résumé :

De nos jours, il est couramment admis qu'afin d'assurer la demande énergétique industrielle et domestique des prochaines années en maintenant un impact environnemental réduit, il convient de diminuer voire supprimer le recours aux énergies fossiles. Cette transition énergétique peut être en grande partie assurée par l'utilisation de la géothermie, et en particulier de la géothermie profonde qui est une technologie « propre » (basses émissions en carbone), disponible sur l'ensemble de la planète. La feuille de route définie par l'Union Européenne à l'horizon 2030 concernant la géothermie définit comme priorité une augmentation de l'utilisation de cette technologie et son extension vers des sources super-chaudes.

Les installations actuelles, bien que déjà prometteuses, nécessitent des optimisations en termes d'efficacité, dans toutes les étapes du procédé, que ce soit le réservoir en sous-sol, la tête de puits et la production, ou la réinjection. En effet, lors du processus de récupération de l'énergie, les fluides caloporteurs subissent des changements importants de température et de pression, ce qui conduit à la formation de dépôts solides pouvant provoquer des bouchons, et à la production de poches de gaz potentiellement dangereux. Afin d'améliorer l'efficacité et la sécurité de l'exploitation géothermique il est donc nécessaire de déterminer avec précision les propriétés physicochimiques des fluides géothermiques mis en jeu, et de comprendre leur comportement lors de variations de température, pression, ou composition afin de pouvoir prédire et/ou éviter les situations à risque, et améliorer les rendements énergétiques de ces installations.

L'objectif de ce travail est de fournir des données physico-chimiques et énergétiques des fluides couramment rencontrés dans les installations géothermiques, sur une large gamme de température de pression et de composition. En particulier, une priorité sera l'acquisition de données expérimentales originales sur des solutions aqueuses salines modèles (NaCl, CaCl<sub>2</sub>, NaSO<sub>4</sub>, etc...) chargées en gaz (CO<sub>2</sub>, méthane, ...), systèmes pour lesquels peu

## Ecole Doctorale des Sciences Fondamentales

voire pas de données sont disponibles dans la littérature. Cette partie expérimentale portera sur le développement et l'utilisation de techniques calorimétriques et de mesure de densités aux températures et pression super-ambiantes.

Des modèles thermodynamiques seront ensuite développés afin de pouvoir corrélérer voire prédire le comportement de ces fluides afin d'optimiser les futures installations industrielles. La représentation thermodynamique des systèmes étudiés prendra en compte la non idéalité des phases, avec l'utilisation de modèles de coefficients d'activité et de coefficients de fugacité, utilisables pour la simulation du procédé industriel envisagé.