

## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE DE DOCTORAT

Le **08-01-2018**

A **10h30**

Amphi F1

Ecole des Mines de Saint Etienne

158 cours Fauriel

42023 Saint Etienne

Soutiendra en vue de l'obtention du titre de Docteur de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne dans la spécialité : GENIE DES PROCÉDES

**Larysa**

**OKHRIMENKO**

Une thèse ayant pour sujet :

Stockage d'énergie thermique par un composite zéolite/MgSO<sub>4</sub> : étude thermocinétique du système MgSO<sub>4</sub> ? H<sub>2</sub>O et étude expérimentale des composites

### **MEMBRES DU JURY :**

Président

(Le président est désigné le jour de la soutenance)

### **Rapporteurs :**

DENOYEL	Renaud	Directeur de recherche	Université d'Aix Marseille
MAZET	Nathalie	Directeur de recherche	CNRS PROMES

### **Examineurs :**

Bennici	Simona	Chargé de recherche	Institut Jean-Baptiste Donnet
Lorente	Sylvie	Professeur	Inst National des Sciences de
Toulouse FAVERGEON	Loic	ENS CHERCHEUR	MINES SAINT ETIENNE
KUZNIK	Frederic	PROFESSEUR	INSA DE LYON
JOHANNES	Kevyn	MAITRE DE CONFERENCE	INSA Lyon - CETHIL UMR5800

Thèse préparée dans le centre SPIN à l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.

Travail co-encadré par : FAVERGEON Loic  
KUZNIK Frédéric

**Destinataires :** DRI, Accueil, SCIDEM, Centre,  
D.CORTIAL « Le Progrès », 24 rue de la robotique – 42000 Saint-Etienne

**Direction Recherche et Innovation**

158, Cours Fauriel

CS62362 - 42023 Saint-Etienne cedex 2 - Tél : 04 77 49 97 10

Page 1 - 1

## Résumé

L'impact environnemental et économique de l'utilisation des combustibles fossiles, l'épuisement de leurs ressources et la nécessité de pourvoir à l'augmentation de la demande d'énergie, entraînent l'intérêt croissant du développement des énergies renouvelables et des systèmes efficaces énergétiquement.

Néanmoins le décalage entre le besoin en énergie et la fourniture de celle-ci par les énergies renouvelables rend nécessaire l'utilisation d'un système de stockage.

Parmi les différentes technologies de stockage d'énergie thermique, les composites formés d'une matrice poreuse et d'un sel hygroscopique permettent de profiter à la fois des capacités d'adsorption/désorption de la matrice et des réactions chimiques d'hydratation/déshydratation du sel.

Parmi différents matériaux pour l'application du stockage d'énergie thermique, plusieurs couples matrice/sel hygroscopique ont été étudiés. Le composite zéolite/MgSO<sub>4</sub> montre des résultats intéressants pour l'application du stockage inter-saisonnier de l'énergie thermique. La difficulté principale du développement d'un tel système est la compréhension incomplète des phénomènes physico-chimiques mis en jeu.

Le premier objectif de cette thèse est d'étudier les réactions d'hydratation et de déshydratation du sel MgSO<sub>4</sub> en présence de vapeur d'eau.

Dans un premier temps, la caractérisation physico-chimique des solides par MEB, DRX, tomographie, BET et Raman ainsi que des expériences de thermogravimétrie isotherme et isobare ont été réalisées. Il a été montré que le système est divariant et que les hydrates obtenus sont non-stœchiométriques avec des molécules d'eau localisées. A l'aide de ces informations, un modèle thermodynamique a été développé et appliqué aux données expérimentales.

Dans un deuxième temps, les études cinétiques des réactions de déshydratation et d'hydratation ont été réalisées. Cela a permis de définir les étapes limitantes : le transfert des molécules d'eau à la surface durant la déshydratation et dans le cas de l'hydratation, un régime mixte de diffusion des molécules d'eau dans la solution solide et de germination-croissance du MgSO<sub>4</sub>·6H<sub>2</sub>O.

Deux modèles basés sur ces hypothèses ont été écrits. Les modèles cinétiques ont été appliqués aux résultats expérimentaux, ce qui a permis de déterminer l'évolution des paramètres cinétiques avec la température et avec la pression de vapeur d'eau.

Enfin différents matériaux composites zéolite/ MgSO<sub>4</sub> ont été synthétisés.

Ces matériaux ont été caractérisés et leur capacité de sorption a été mesurée. Les résultats mettent en évidence une augmentation de la capacité de sorption, mais uniquement pour des pressions de vapeur d'eau différentes de celles utilisées pour le stockage d'énergie thermique.

**Larysa OKHRIMENKO**