

HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES HDR

NANTES UNIVERSITE

Spécialité : Génie Civil

Par

Rachel GELET

Study of coupled behavior of porous media applied to enhanced geothermal systems and internal erosion

Travaux présentés et soutenus à l'IUT de Saint-Nazaire, le 21 Novembre 2024
Unité de recherche : Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (GeM, UMR 6183)

Rapporteurs avant soutenance

| | | |
|----------|---------|---|
| Stéphane | BONELLI | Directeur de recherche, Université Aix-Marseille, INRAE (UMR 1467) |
| Jean | CÔTÉ | Professeur titulaire, Université Laval |
| Éric | VINCENS | Professeur des Universités, Ecole Centrale de Lyon, LTDS (UMR 5513) |

Composition du Jury

Attention, en cas d'absence d'un des membres du jury le jour de la soutenance, la composition du jury doit être revue pour s'assurer qu'elle est conforme et devra être répercutée sur la couverture

| Président : | Prénom Nom | Fonction et établissement d'exercice (6) | (à préciser après la soutenance) |
|--------------|----------------|--|----------------------------------|
| Examineurs : | Mahdia HATAB | Professeure des Universités, Université de Lorraine, LEM3 (UMR 7239) | |
| | Giulio SCIARRA | Professeur des Universités, Ecole Centrale de Nantes, GeM (UMR 6183) | |
| | Luc SIBILLE | Maître de Conférences, HDR, Université Grenoble Alpes, 3S-R (UMR 5521) | |
| | Didier MAROT | Professeur des Universités, Nantes Université, GeM (UMR 6183) | |

Invité

| | |
|-----------------------|---|
| Jean-Robert COURIVAUD | Ingénieur Expert, Electricité de France - Centre d'ingénierie hydraulique |
|-----------------------|---|

Titre : Etude du comportement couplé des milieux poreux appliquée aux systèmes géothermiques profonds et à l'érosion interne

Mots clés : suffusion, sols, éléments finis, essais expérimentaux, digues, barrages

Résumé : Les travaux de recherche présentés dans le cadre de cette habilitation s'intéressent aux milieux poreux avec l'objectif de décrire : d'une part le comportement couplé thermo-hydro-mécanique des réservoirs géothermiques profonds, et d'autre part le comportement couplé hydro-mécanique des ouvrages hydrauliques en terre (digues ou barrages) sujets à l'érosion interne. Dans les deux cas, les approches développées s'appuient en grande partie sur la théorie des mélanges et sur la méthode numérique des éléments finis. Néanmoins, les travaux sur l'érosion interne ont conduit à utiliser et à réaliser des essais de caractérisation en laboratoire afin de proposer une nouvelle loi de comportement.

Ces travaux ont permis de caractériser les différentes étapes d'une érosion interne par suffusion et de porter un regard critique sur les paramètres correspondants. Ils ont également conduit à représenter la suffusion dans un volume élémentaire représentatif (VER) expérimental, grâce à une loi de comportement basée sur l'approche énergétique. Par ailleurs, cette loi a été comparée à d'autres lois de comportement.

Pour compléter ce travail, des investigations ont été menées sur un barrage en construction et sur un modèle physique de digue. Les travaux doivent maintenant être étendus à la prise en compte des règles de filtration entre VER.

Title: Study of coupled behavior of porous media applied to enhanced geothermal systems and internal erosion

Keywords: suffusion, soils, finite elements, experimental tests, dikes, dams

Abstract: The research work presented in this habilitation focuses on porous media with the aim of describing: on the one hand, the coupled thermo-hydro-mechanical behavior of enhanced geothermal systems, and on the other hand, the coupled hydro-mechanical behavior of earth hydraulic structures (dikes or dams) subjected to internal erosion. In both cases, the approaches are developed in the framework of the mixture theory and the finite element numerical method. However, the work on internal erosion has led to the use and the conduction of characterization experimental tests to propose a new behavior law.

This work has allowed the characterization of the different stages of internal erosion by suffusion and provided a critical perspective on the corresponding parameters. It also led to the representation of suffusion in an experimental representative elementary volume (REV), using a behavior law based on the energy approach. Furthermore, this law was compared to other behavior laws.

To complement this work, investigations were conducted on a dam under construction and on a physical model of a dike. The work must now be extended to include filtration rules between REVs.