

Monitoring of a geothermal borehole field: Data analysis and calibration of a prediction model

Auteur : Rouxhet, Théo

Promoteur(s) : François, Bertrand

Faculté : Faculté des Sciences appliquées

Diplôme : Master en ingénieur civil des mines et géologue, à finalité spécialisée en géologie de l'ingénieur et de l'environnement

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/23288>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Monitoring of a geothermal borehole field: Data analysis and calibration of a prediction model

ROUXHET Théo

Thesis supervisor – FRANÇOIS Bertrand

Master of Science in Geological and Mining Engineering, professional focus in environmental and geological engineering – University of Liège

Academic year 2024–2025

Abstract

Near-surface closed-loop geothermal systems have an important role to play in the decarbonisation of energy. Thanks to their ability to reduce greenhouse gas emissions and their widespread availability throughout the year, it is essential that these technologies be supported by appropriate design studies to ensure their long-term performance and sustainability.

This master thesis aims to analyse the monitoring data from an existing geothermal installation and to calibrate an analytical heat transfer model to reproduce the evolution of underground temperatures. The datasets come from the heat pump system of the "Relais des Ingénieurs" residence in Louvain-la-Neuve. A preliminary filtering and analysis of the raw datasets were required to address interruptions in geothermal system operation and anomalies in data acquisition, allowing for the computation of the thermal load extracted from the ground. In a second step, a considerable portion of the data was excluded due to abnormally high thermal loads, resulting in a reduced analysis period representing approximately 15% of the total monitoring duration. The analytical model developed by *Erol et al. (2015)*, designed to simulate the thermal response of multiple borehole heat exchangers and capable of accounting for discontinuous extractions and groundwater flow, is then calibrated.

Main model parameters, including initial ground temperature, the thermal conductivity of the ground, grout, and pipe, volumetric heat capacity, and specific discharge, are calibrated sequentially to minimise the discrepancy between simulated and monitored fluid temperatures. The model fit is assessed using error metrics such as the root mean square error and mean absolute error. Calibration is conducted for both daily and hourly thermal loads. Results show that the model can accurately reproduce measured temperatures when properly calibrated, highlighting the value of data monitoring in improving geothermal model predictions and system design, especially when daily thermal loads are used.

Despite the limitations of the available data, the study proves robust and could be enhanced through improved instrumentation and longer monitoring campaigns.

Keywords: Geothermal energy, borehole heat exchanger, thermal load, monitoring data, model calibration, analytical modelling.

Monitoring d'un champ de sondes géothermiques: Analyse des données et calibration d'un modèle de prédiction

ROUXHET Théo

Promoteur – FRANÇOIS Bertrand

Master en Ingénieur civil des mines et géologue, à finalité spécialisée en géologie de l'ingénieur et de l'environnement

Année académique 2024–2025

Résumé

Les systèmes géothermiques en boucle fermée peu profonde ont un rôle important à jouer dans la décarbonation de l'énergie. Grâce à leur capacité à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à leur disponibilité tout au long de l'année, il est essentiel que ces technologies soient soutenues par d'études de dimensionnement appropriées afin de garantir leur performance et leur durabilité à long terme.

Ce travail de fin d'études vise à analyser les données de monitoring d'une installation géothermique existante et à calibrer un modèle analytique de transfert de chaleur afin de reproduire l'évolution des températures souterraines. Les données utilisées proviennent du système de pompe à chaleur de la résidence "Relais des Ingénieurs" à Louvain-la-Neuve. Un filtrage et une analyse préliminaires des données brutes ont été nécessaires pour corriger les interruptions dans le fonctionnement du système géothermique et les anomalies dans l'acquisition des données, permettant ainsi le calcul de la charge thermique extraite du sous-sol. Dans un second temps, une partie significative des données a dû être exclue en raison de charges thermiques anormalement élevées, ce qui a réduit la période d'analyse à environ 15% de la durée totale du monitoring. Le modèle analytique développé par *Erol et al. (2015)*, conçu pour simuler la réponse thermique de plusieurs échangeurs de chaleur géothermiques verticaux et capable de prendre en compte des extractions discontinues ainsi que l'écoulement souterrain, est ensuite calibré.

Les principaux paramètres du modèle, la température initiale du sol, la conductivité thermique du sol, du coulis et de la sonde, la capacité thermique volumique et le débit spécifique, sont calibrés de manière séquentielle afin de minimiser l'écart entre les températures simulées et mesurées du fluide. L'ajustement du modèle est évaluée à l'aide d'indicateurs d'erreur tels que l'erreur quadratique moyenne et l'erreur absolue moyenne. La calibration est effectuée à la fois pour des charges thermiques journalières et horaires. Les résultats montrent que le modèle peut reproduire avec précision les températures mesurées lorsqu'il est correctement calibré, mettant en évidence l'intérêt du monitoring pour améliorer la modélisation prédictive et le dimensionnement des systèmes géothermiques, en particulier lorsque des charges journalières sont utilisées.

Malgré les limites liées aux données disponibles, l'étude s'est révélée robuste et pourrait être renforcée grâce à une instrumentation plus performante et à des campagnes de monitoring de plus longue durée.

Mots-clés: Énergie géothermique, sondes géothermiques verticales, charge thermique, données de monitoring, calibration du modèle, modélisation analytique.
