

## **4D electrical resistivity monitoring of cyclic aquifer thermal energy storage**

**Auteur :** Sanasi, Ludovico Ivan

**Promoteur(s) :** Nguyen, Frederic

**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 :** 2016-2017

**URI/URL :** <http://hdl.handle.net/2268.2/3172>

---

### *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.*

---

---

## Summary

---

**Title:** 4D electrical resistivity monitoring of cyclic aquifer thermal energy storage

**Student:** Ludovico Ivan Sanasi

**Supervisor:** Frédéric Nguyen

**Master:** Ingénieur Civil des Mines et Géologue

**Session:** September

**University:** Université de Liège, Faculté des Sciences Appliquées, Département ArGEnCo

**Academic year:** 2016-2017

### Abstract

The worldwide society needs more than ever to invest in new environmental friendly technologies to ensure the three E's (Environmental protection, Environmental growth and Energy security). To tackle this problem, a technology as the Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) might be employed. Beside the design phase, ATES systems need to be monitored to ensure the efficiency of the ongoing thermal process. Therefore, in the present Master Thesis the 4D Electrical Resistivity Tomography (ERT) is studied to assess its monitoring ability in ATES systems. In order to achieve this aim, a cyclic heat storage experiment has been performed and monitored by an ERT grid of 6 parallel profiles 60 m long, spaced each other by 3 m. The cyclic experiment was conducted in a site located in Hermalle-sous-Argenteau, in Belgium. It consisted in alternating 4 phases (one per day) of injections and withdrawals. During these phases, the water was injected (at 40°C) or pumped for 5 h with a flow rate of 3 m<sup>3</sup>/h. The obtained 2D time-lapse inverted models have been also converted in temperature values to better appreciate the thermal variations. Globally, the interpretation of both resistivity and temperature 2D time-lapse models led to successfully monitor the plume across the time and the space. Such results have been also compared with direct measurements made in 5 piezometers in the vicinity of the well, obtaining good agreement. Although 3D time-lapse inversions did not show perfect results, they contributed partially to monitor the plume. Finally, asymmetric results from 3D and 2D time-lapse models contributed to spot heterogeneities in the studied site. To conclude, this elaborated has demonstrated the potentials of the 4D ERT as monitoring tool in ATES systems, broadening the future perspectives of this topic.

**Keywords:** 4D ERT; ATES; Temperature monitoring; Time-Lapse; Electrical Resistivity Tomography; Shallow geothermal system; Heat storage; Alluvial aquifer