

Energies renouvelables : hydroélectricité souterraine (résultats du projet Smartwater)

A. Dassargues

Hydrogeology and Environmental Geology, Urban & Environmental Engineering Research Unit, University of Liege, 4000 Liege, Belgium; alain.Dassargues@uliege.be

31/03/2023: Groupe de travail AQUAWAL-Carriers

L'hydroélectricité par pompage souterrain (UPSH – Underground Pumped-Storage Hydropower) est une technologie prometteuse pour gérer la production d'électricité dans les régions sans topographie marquée. Les centrales UPSH se composent d'un réservoir souterrain et d'un réservoir de surface. L'énergie est stockée en pompant l'eau du réservoir souterrain vers le réservoir de surface et est produite en turbinant l'eau du réservoir de surface vers le réservoir souterrain. Le réservoir souterrain peut être creusé mais l'alternative étudiée ici en Région Wallonne dans le cadre du projet 'Smartwater' (financé par le SPW Energie), consiste à utiliser une mine abandonnée.

Les mines sont rarement imperméabilisées, les conséquences sur l'efficacité et l'environnement de flux d'eau échangés entre le réservoir inférieur et le milieu géologique fracturé doivent être étudiées.

Ces recherches appliquées ont été réalisées principalement par modélisation numérique et les résultats sont relatifs au cas d'une mine d'ardoise à Martelange. Ce site est considéré comme un site potentiel réaliste pour la construction d'un système UPSH. Le modèle intègre la complexité géométrique de la mine, adopte un scénario d'exploitation basé sur les prix réels de l'électricité, et simule le comportement du système de production d'électricité pendant un an et considère deux scénarios réalistes de conditions initiales, le réservoir souterrain étant soit complètement plein, soit totalement vide. Les résultats montrent que (1) les échanges d'eau peuvent avoir des conséquences importantes en termes d'efficacité et d'impacts environnementaux ; (2) l'influence des conditions initiales est seulement importante pour les échanges entre massif fracturé et la cavité durant la période initiale ; (3) un facteur important contrôlant les échanges d'eau et leurs conséquences peut être la position relative de la hauteur piézométrique naturelle dans le massif fracturé par rapport au réservoir souterrain.

La mine d'ardoise abandonnée se compose de neuf grandes chambres d'un volume total d'environ 550 000 m³, tandis que les débits maximaux de pompage et de turbinage sont de 22,2 m³/s. Les chambres sont de tailles différentes et sont reliées par de petites galeries dont la capacité d'évacuation est limitée et qui peuvent entraver l'échange de flux entre les chambres adjacentes. L'effet de la section des galeries de connexion est calculé. L'aération adéquate des chambres par rapport aux variations brusques du niveau d'eau dans le réservoir souterrain est un facteur important.

En conclusion, ce genre de systèmes pourrait être intéressant mais doit être étudié de manière très précise au cas par cas. Le principal risque est lié non pas aux aspects hydrogéologiques ni même hydrauliques mais bien aux aspects géomécaniques quant à la tenue des piliers, chambres et galeries en souterrain lorsque les matériaux rocheux sont soumis à des cycles de saturation-désaturation répétés.

Références intéressantes

- Bodeux S., Pujades E., Orban Ph., Brouyère S. and Dassargues A., 2017, Interactions between groundwater and the cavity of an old slate mine used as lower reservoir of an UPSH (Underground Pumped Storage Hydroelectricity): a modelling approach, *Engineering Geology* 217: 71-80.
- Dassargues A., 2018. *Hydrogeology: groundwater science and engineering*, 472p. Taylor & Francis CRC press, Boca Raton.
- Dassargues A. 2020. *Hydrogéologie appliquée : science et ingénierie des eaux souterraines*, 512p. Dunod. Paris.
- Gombert Ph., Poulain A., Goderniaux P., Orban Ph., Pujades E. et Dassargues A. 2020. Potentiel de valorisation de sites miniers et carrières en STEP en France et en Belgique. *La Houille Blanche* 4: 33-42.
- Kitsikoudis V., Archambeau P., Dewals B., Pujades E., Orban Ph., Dassargues A., Piroton M. and S. Ercicum. 2020. Underground pumped-storage hydropower (UPSH) at the Martelange mine (Belgium): underground reservoir hydraulics. *Energies* 13: 3512
- Poulain A., Goderniaux P., Pujades E., Dassargues A. and Ph. Orban . 2018. Utilisation de mines et carrières pour le développement de systèmes de stockage d'énergie par pompage-turbinage : études hydrogéologiques en Région wallonne. *Revue française des Géologues* 196: 66-71.
- Pujades E., Bodeux S., Orban Ph., Archambeau P. Ercicum S. and Dassargues A., 2017, Underground pumped storage hydropower plants using open pit mines: how do groundwater exchanges influence the efficiency?, *Applied Energy* 190: 135-146.
- Pujades E., Jurado A., Carrera J. Vázquez-Sunè E. and Dassargues A., 2016, Hydrogeological assessment of non-linear underground enclosures, *Engineering Geology* 207: 91-102.
- Pujades E., Jurado A., Orban Ph., Ayora C., Poulain A., Goderniaux P., Brouyère S. and Dassargues A., 2018, Hydrochemical changes induced by underground pumped storage hydropower and their associated impacts, *Journal of Hydrology* 563: 927-941.
- Pujades E., Orban Ph., Jurado A., Ayora C., Brouyère, S. and Dassargues A., 2017, Water chemical evolution in Underground Pumped Storage Hydropower plants and induced consequences, *Energy Procedia* 125: 504-510.
- Pujades E., Willems Th., Bodeux S. Orban Ph., Dassargues A. 2016, Underground Pumped Storage Hydroelectricity (UPSH) using abandoned works (deep mines or open pits) and the impact on groundwater flow, *Hydrogeology Journal* 24(6): 1531-1546.
- Pujades E., Jurado A., Orban P. and A. Dassargues, 2018. Parametric assessment of hydrochemical changes induced by underground pumped storage hydropower. *Science of the Total Environment* 659: 599-611.
- Pujades E., Jurado A., Orban Ph. and A. Dassargues, 2018, Hydrochemical changes induced by underground pumped storage hydropower: influence of aquifer parameters in coal mine environments, *Advances in Geosciences* 45: 45-49.
- Pujades E., Orban Ph., Archambeau P., Ercicum S. and A. Dassargues, 2018, Numerical study of the Martelange mine to be used as lower reservoir for constructing an Underground Pumped Storage Hydropower plant, *Advances in Geosciences* 45: 51-56.
- Pujades E., Orban Ph., Archambeau P., Kitsikoudis V., Ercicum S. and A. Dassargues. 2020. On the interactions between groundwater flow and underground pumped-storage hydropower (UPSH) at the Martelange mine (Belgium), *Energies* 13: 2353
- Pujades E., Poulain A., Orban Ph., Goderniaux P. and A. Dassargues. 2021. The impact of hydrogeological features on the performance of Underground Pumped-Storage Hydropower (UPSH), *Applied Sciences* 11(4): 1760