

## **Géothermie minière sur Liège associée à un réseau de chaleur (Glain-Mont-Légia) : projet pilote de faisabilité**

A. Dassargues, P. Orban, C. De Paoli, J. Teller, C. Schellings

*UEE, Université de Liège*

V. Harcouët-Menou, G. Moermans, T. Neven

*VITO, Mol*

O. Kaufmann, N. Dupont, Y. N'Depo

*Géologie Appliquée, Université de Mons*

La recherche consiste à utiliser les eaux souterraines des mines abandonnées pour alimenter un réseau de chaleur et de froid avec des pompes à chaleur et un circuit ouvert impliquant le pompage en profondeur et la réinjection proche de la surface. Une étude de faisabilité dans le bassin de Liège en vue de lancer un projet pilote est réalisée. Ce projet est financé par le SPW Energie, est coordonné par le VITO, et a comme partenaire UMons et ULiège.

En partant des résultats de l' « Étude du potentiel de la géothermie des eaux des mines en Région Wallonne » (2019-2020) VITO – UMons – Mijwater NV – ABO, les zones où le potentiel est le plus intéressant ont été délimitées dans les zones de Mons, du Centre et de Liège. Pour Liège, ceci a amené à étudier les demandes en énergies pour 3 zones, dont la plus prometteuse est celle de St Nicolas-Ans approximativement centrée sur l'hôpital du Mont Legia. L'évaluation est réalisée sur base de la définition des réseaux de chaleur et climatisation de 5ème génération (5GDHC = 5th Generation District Heat and Cold grid).

Pour l'évaluation du potentiel du sous-sol, les valeurs de conductivité hydraulique des zones rocheuses exploitées ont été artificiellement augmentées. Cependant, l'efficacité à long terme et les impacts possibles des doublets géothermiques doivent être étudiés en tenant compte d'une série de défis hydrogéologiques. L'eau chaude serait pompée dans les parties profondes des travaux miniers et l'eau froide réinjectée dans une galerie moins profonde ou dans des roches fracturées peu profondes, avec une inversion saisonnière du flux pour le refroidissement des bâtiments pendant la saison chaude. Il faut s'assurer cependant qu'il n'y ait pas de circulation rapide des eaux souterraines entre les parties profondes et les parties peu profondes de la mine. La géométrie réelle du réseau interconnecté de galeries et de puits ouverts peut être très complexe et doit être conceptualisée de manière réaliste pour garantir la faisabilité et la fiabilité du modèle (partie réalisée par UMons). Ensuite la modélisation doit impliquer l'écoulement des eaux souterraines et le transport de la chaleur, avec une densité et une viscosité dépendant de la température, dans un domaine hétérogène 3D complexe composé de roches très fracturées et de zones d'exploitation, de galeries et de puits partiellement effondrés. Un tel modèle est néanmoins largement recommandé pour concevoir et optimiser l'efficacité à court, moyen et long terme du système géothermique, ainsi que pour évaluer les éventuels impacts environnementaux. Des exemples de simulations sur des cas synthétiques de complexité croissante montrent que l'équipe (ULiège) est prête pour la simulation de différents scénarios sur le cas réel.

### Références

- ▶ Abesser, C., and Walker, A. 2022. Geothermal Energy. POST Brief 46. Available at: <https://researchbriefings.files.parliament.uk/documents/POST-PB-0046/POST-PB-0046.pdf>
- ▶ Adams, C., Monaghan, A., and Gluyas, J. 2019. Mining for Heat. *Geosciences* 29 (4), 10–15.

- ▶ Bailey, M.T., Gandy, C.J., Watson, I.A., Wyatt, L.M. and A.P. Jarvis. 2016. Heat recovery potential of mine water treatment systems in Great Britain, *International Journal of Coal Geology* 164: 77-84.
- ▶ Banks, D., Athresh, A., Al-Habaibeh, A. and Burnside, N., 2019, Water from abandoned mines as a heat source: practical experiences of open- and closed-loop strategies, United Kingdom, *Sustainable Water Resources Management* 5: 29-50.
- ▶ Bulté M., Duren T., Bouhon O., Petitclerc E., Agniel M. and A. Dassargues. 2021. Numerical modeling of the interference of thermally unbalanced Aquifer Thermal Energy Storage systems in Brussels (Belgium). *Energies* 14, 6241.
- ▶ Burnside, N. M., Banks, D., and Boyce, A. J. 2016. Sustainability of Thermal Energy Production at the Flooded Mine Workings of the Former Caphouse Colliery, Yorkshire, United Kingdom. *Int. J. Coal Geol.* 164, 85–91.
- ▶ Chudy, K. 2022. Mine Water as Geothermal Resource in Nowa Ruda Region (SW Poland). *Water* 14,136.
- ▶ 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.
- ▶ De Paoli, C., Duren, Th., Petitclerc, E., Agniel, M., and Dassargues, A. 2023. Modelling interactions between three Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) systems in Brussels (Belgium). Special Issue on Advances in Underground Energy Storage for Renewable Energy Sources, Volume II. *Applied Sciences* 13, 2934
- ▶ Eppelbaum, L., Kutasov, I. and A. Pilchin. 2014. *Applied Geothermics*, Series: Lecture Notes in Earth System Sciences. Berlin Heidelberg :Springer-Verlag.
- ▶ Florea, L. J., Hart, D., Tinjum, J. and C. Choi. 2017. Potential impacts to groundwater from ground-coupled geothermal heat pumps in district scale. *Groundwater* 55(1): 8-9.
- ▶ Fossoul, F., Orban, P. & Dassargues, A., 2011, Numerical simulation of heat transfer associated with low enthalpy geothermal pumping in an alluvial aquifer, *Geologica Belgica*, 14(1-2), pp. 45-54.
- ▶ Fox, D. B., Koch, D.L. and J. W. Tester. 2016. An analytical thermohydraulic model for discretely fractured geothermal reservoirs, *Water Resources Research* 52 : 6792–6817.
- ▶ Fraser-Harris, A., McDermott, C., Receveur, M., Mouli-Castillo, J., Todd, F., Cartwright-Taylor, A., Gunning, A. and M.Parsons, 2022, The Geobattery Concept: A Geothermal Circular Heat Network for the Sustainable Development of Near Surface Low Enthalpy Geothermal Energy to Decarbonise Heating. *Earth Sciences, Systems and Society* 2:10047
- ▶ Gluyas, J. G., Adams, C. A., and Wilson, I. A. G. 2020. The Theoretical Potential for Large-Scale Underground Thermal Energy Storage (UTES) within the UK. *Energy Rep.* 6, 229–237.
- ▶ Gonzales-Quiros, A. and J.P. Fernandez-Alvarez, 2019, Conceptualization and finite element groundwater flow modeling of a flooded underground mine reservoir in the Asturian Coal Basin, Spain. *Journal of Hydrology* 578: 124036.
- ▶ Gossler, M. A., Bayer, P., Rau, G. C., Einsiedl, F., & Zosseder, K. 2020. On the limitations and implications of modeling heat transport in porous aquifers by assuming local thermal equilibrium. *Water Resources Research*, 56, e2020WR027772.
- ▶ Graf T. and C.T. Simmons. 2009. Variable-density groundwater flow and solute transport in fractured rock: Applicability of the *Tang et al.* [1981] analytical solution. *Water Resources Research* 45 :W02425.
- ▶ Hall, A., Scott, J. A., and Shang, H. (2011). Geothermal Energy Recovery from Underground Mines. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15, 916–924.
- ▶ Hamm, V. and B. Bazargan Sabet. 2010. Modelling of fluid flow and heat transfer to assess the geothermal potential of a flooded coal mine in Lorraine, France. *Geothermics* (39) :177-186.
- ▶ Hermans, T., Wildemeersch, S., Jamin, P., Orban, P., Brouyère, S., Dassargues, A. and F. Nguyen. 2015. Quantitative temperature monitoring of a heat tracing experiment using cross-borehole ERT, *Geothermics* 53 : 14-26.
- ▶ Hoffmann R., Goderniaux P., Jamin P., Chatton E., de la Bernardie J., Labasque T., Le Borgne T. and A. Dassargues, 2020. Continuous dissolved gas tracing of fracture-matrix exchanges. *Geophysical Research Letters* 47(17): e2020GL088944
- ▶ Hoffmann R., Maréchal J.C., Selles A. and A. Dassargues. 2022. Heat tracing in a fractured aquifer with injection of hot and cold water. *Groundwater* 60(2): 192-209.
- ▶ Huysmans, M. and A. Dassargues. 2005. Review of the use of Peclet numbers to determine the relative importance of advection and diffusion in low permeability environments. *Hydrogeology Journal* 13(5-6) : 895-904.

- ▶ Kabuth, A., Dahmke, A., Beyer, C., Bilke, L., Dethlefsen, F., Dietrich, P., Duttmann, R., Ebert, M., Feeser, V., Görke, U.-J., Köber, R., Rabbel, W., Schanz, T., Schäfer, D., Würdemann, H. and S. Bauer. 2017. Energy storage in the geological subsurface: dimensioning, risk analysis and spatial planning: the ANGUS+ project. *Environmental Earth Science* 76: 23.
- ▶ Klepikova, M., Wildemeersch, S., Jamin, P., Orban, Ph., Hermans, T., Nguyen, F., Brouyere, S. and A. Dassargues. 2016. Heat tracer test in an alluvial aquifer: field experiment and inverse modelling, *Journal of Hydrology*, 540 :812-823.
- ▶ Love, A. J., Simmons, C.T. and D. A. Nield. 2007. Double-diffusive convection in groundwater wells, *Water Resources Research* 43(8) : W08428.
- ▶ Ma, R. and Ch. Zheng. 2010. Effects of density and viscosity in modeling heat as a groundwater tracer. *Ground Water* 48(3) : 380–389.
- ▶ Monaghan, A.A., Bateson, L., Boyce, A.J., Burnside, N.M., Chambers, R., de Rezende, J.R., Dunnet, E., Everett, P.A., Gilfillan, S.M.V., Jibrin, M.S., Johnson, G., Lockett, R., MacAllister, D.J., MacDonald, A.M., Moreau, J.W., Newsome, L., Novellino, A., Palumbo-Roe, B., Pereira, R., Smith, D., Spence, M.J., Starcher, V., Taylor-Curran, H., Vane, C.H., Wagner, T. and Walls, D.B., 2022, Time Zero for Net Zero: A Coal Mine Baseline for Decarbonising Heat. *Earth Sci. Syst. Soc.* 2:10054.
- ▶ Perez Silva, J., McDermott, C. and Fraser-Harris, A., 2022, The Value of a Hole in Coal: Assessment of Seasonal Thermal Energy Storage and Recovery in Flooded Coal Mines, *Earth Science, Systems and Society* 2, 10.3389/esss.2022.10044
- ▶ Ramos, E. P., Breede, K., and Falcone, G. 2015. Geothermal heat recovery from abandoned mines: a systematic review of projects implemented worldwide and a methodology for screening new projects. *Environ. Earth Sci.* 73, 6783–6795.
- ▶ Stauffer, F., Bayer, P., Blum, Ph., Molino-Giraldo, N. and W. Kinzelbach. 2014. *Thermal use of shallow groundwater*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- ▶ Verhoeven, R., Willems, E., Harcouët-Menou, V., De Boever, E., Hiddes, L., Op’T Veld, P., et al. 2014. Minewater 2.0 project in Heerlen the Netherlands: transformation of a geothermal mine water pilot project into a full-scale hybrid sustainable energy infrastructure for heating and cooling. *Energy Procedia* 46, 58–67.
- ▶ Walls, D. B., Banks, D., Boyce, A. J., and Burnside, N. M. 2021. A review of the performance of minewater heating and cooling systems. *Energies* 14, 6215.
- ▶ Watzlaf, G. R., and Ackman, T. E. 2006. Underground mine water for heating and cooling using geothermal heat pump systems. *Mine Water Environ.* 25, 1–14.
- ▶ Wildemeersch, S., Jamin, P., Orban, P., Hermans, T., Klepikova, M., Nguyen, F., Brouyère, S. and A. Dassargues. 2014. Coupling heat and chemical tracer experiments for estimating heat transfer parameters in shallow alluvial aquifers. *Journal of Contaminant Hydrology* 169(0): 90–99.