



Wallonie énergie SPW

LIÈGE université Sciences Appliquées

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

vito

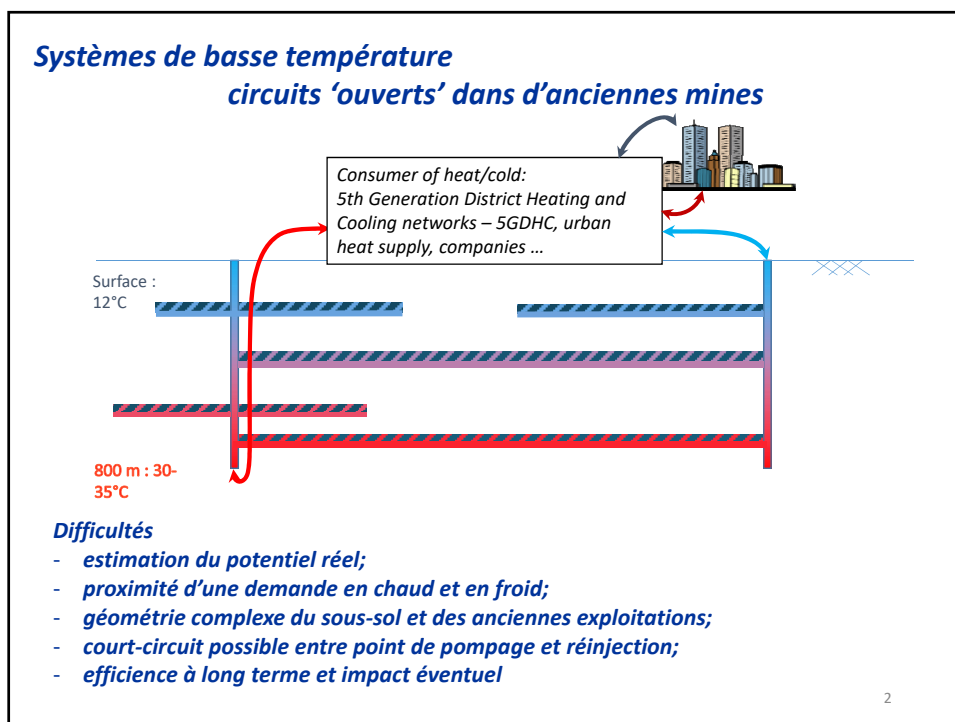
POLYTECH MONS

A. Dassargues

Co-auteurs: V. Harcouët-Menou, G. Moermans, T. Neven, O. Kaufmann, N. Dupont, Y. N'Depo, P. Orban, C. De Paoli, J. Teller, C. Schellings

Prov. Liège, 25 Septembre 2023

Hydrogeology Environmental Geology



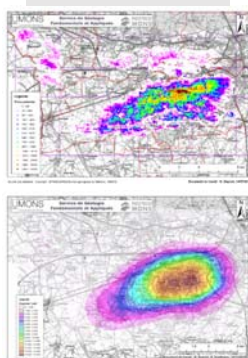
Estimation préalable du potentiel en Région Wallonne

Résultats de l' « Étude du potentiel de la géothermie des eaux des mines en Région Wallonne » (2019-2020)
 VITO – UMONS – Mijwater NV – ABO

Evaluation du potentiel:
 Proxy = (Δprofondeur x nb couches)

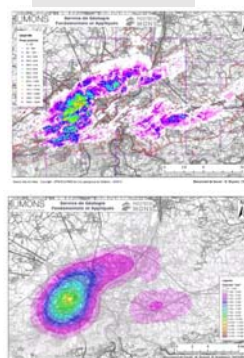
- le potentiel est le plus intéressant dans les bassins de Charleroi, Mons et Liège.
- le bassin du centre présente un potentiel plus faible.

Borinage



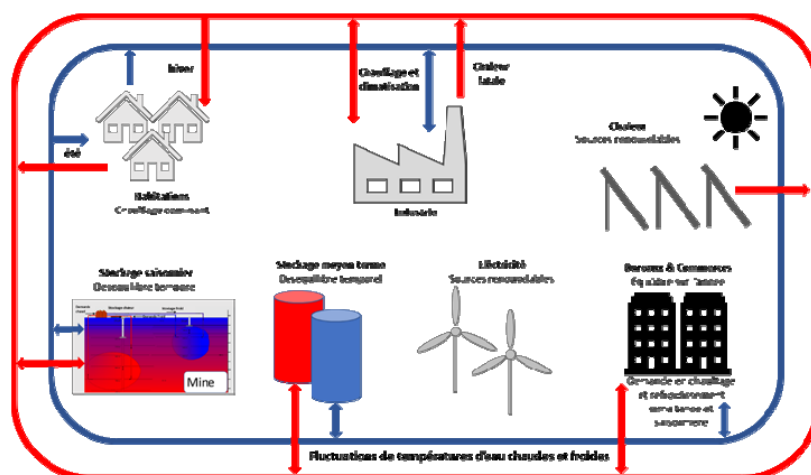
- Dans le Couchant de Mons (Borinage), la majeure partie du bassin a été exploitée jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 600/700 m (max. 1400 m), le nombre de couches de charbon exploitée étant par endroit très élevé (max. 35)
- Dans le district de Liège, les exploitations atteignent des profondeurs plus modérées, de l'ordre de -500 m (localement jusqu'à près de -1100 m), le nombre maximal de couches de charbon exploitée est également plus modéré (max. 25)

Liège



Etude de faisabilité dans le bassin de Liège en vue de lancer un projet pilote

Evaluation réalisée sur base de la définition des réseaux de chaleur et climatisation de 5ème génération (5GDHC = 5th Generation District Heat and Cold grid)



Représentation circulaire d'un système 5GDHC incluant le stockage saisonnier utilisant les mines. Modifié d'après Boetsen et al. (2019).

Etude de faisabilité dans le bassin de Liège en vue de lancer un projet pilote



1/ Fermer la boucle énergétique

Eviter le gaspillage d'énergie dans le système. Un réseau de 5e génération permet d'échanger de l'énergie avec d'autres consommateurs/clients connectés : c'est un réseau thermique circulaire.



2/ Valoriser l'énergie basse température

Faire correspondre les sources basse température disponibles avec la demande.



3/ Un approvisionnement énergétique décentralisé et piloté par la demande

Produire et faire circuler de l'énergie uniquement lorsqu'il y a une demande sur le réseau et à proximité des utilisateurs finaux.



4/ Une approche intégrée des flux d'énergie

Connecter le chauffage et le refroidissement à d'autres autres flux d'énergie sur un territoire donné (réseaux électriques, les transports, l'industrie, l'agriculture, etc.) pour éviter les pertes énormes dans certains secteurs et réduire les charges de pointe.

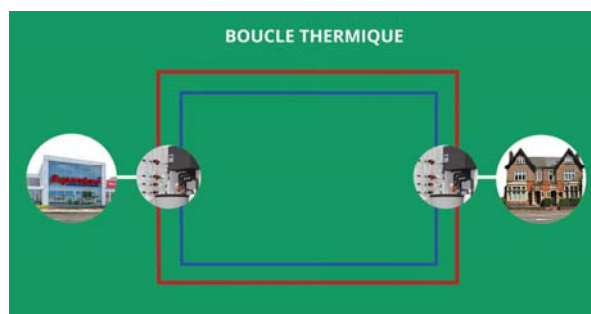


5/ Priorité aux sources locales et durables

Privilégier la production énergétique locale plutôt que des sources thermiques lointaines, les pertes énergétiques liées au transport sont limitées et cela constitue aussi un avantage économique important, en favorisant les investissements au profit du territoire dans lequel est implanté le réseau.

Etude de faisabilité dans le bassin de Liège en vue de lancer un projet pilote

Evaluation réalisée sur base de la définition des réseaux de chaleur et climatisation de 5ème génération (SGDHC = 5th Generation District Heat and Cold grid)

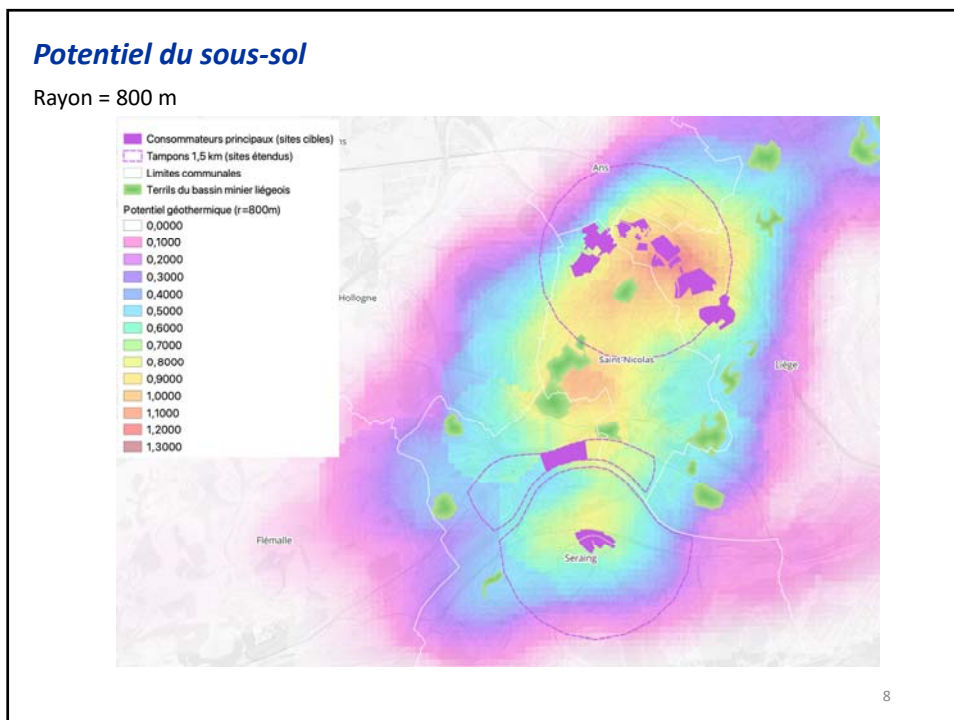
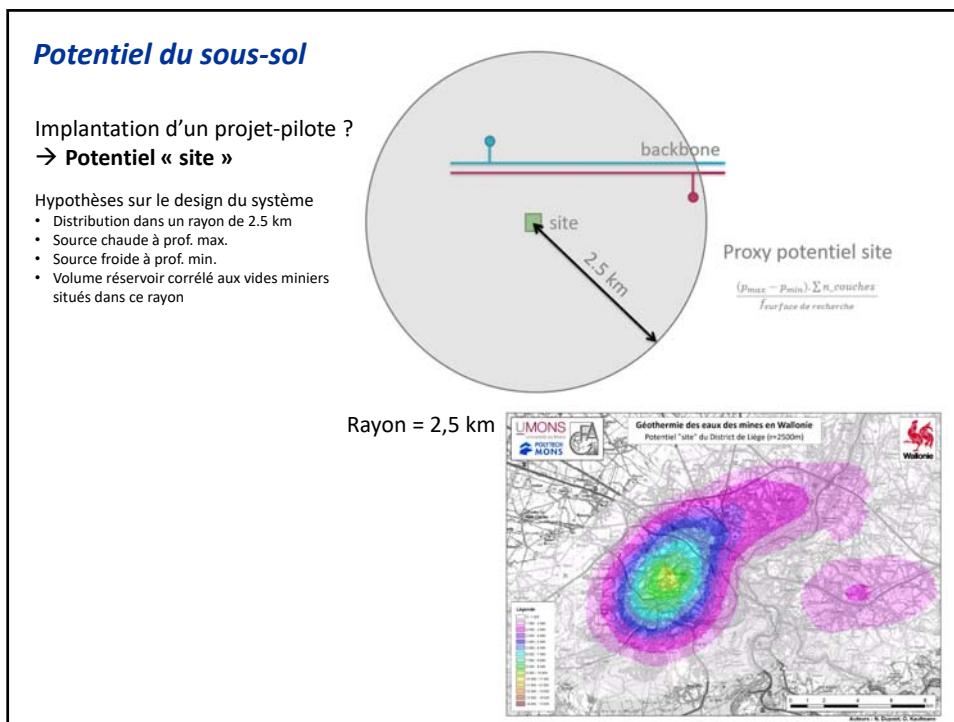


1^{ère} étape: sélectionner un site optimum sur base de:

- type de demande en surface (combinaison idéale = un mélange de demande de chaleur et de demande de froid)
- potentiel identifié du sous-sol

en relation avec les nouveaux projets d'aménagement du territoire

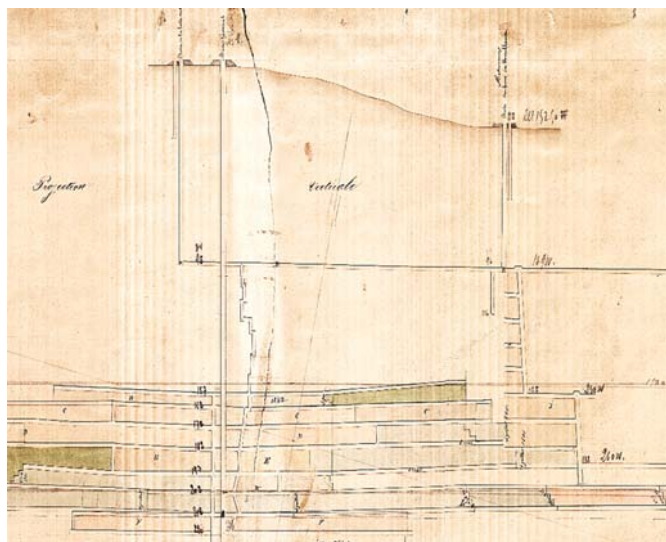
6



Potentiel du sous-sol

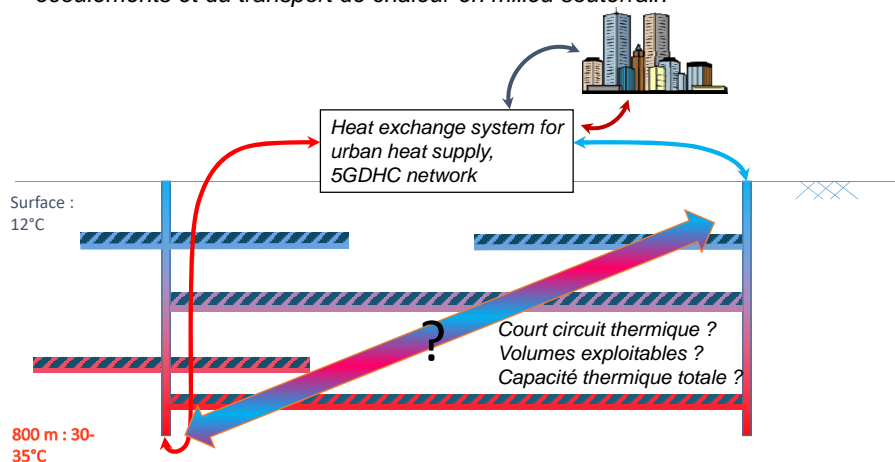
dépend du réseau complexe de puits et galeries interconnectés et de panneaux d'exploitation foudroyés + roches fissurées et failles

- conductivités hydrauliques augmentées à cause des anciens travaux
- écoulement rapide dans les puits et galeries encore ouverts et écoulement lent dans les roches fissurées



Potentiel du sous-sol: challenges

- 1) Est-ce que les puits sont remblayés ? Si ouverts, convection par effet de densité (eau froide plus dense que l'eau chaude)
- 2) Y a-t-il des court-circuits thermiques ? A vérifier sur base d'une 'conceptualisation simplifiée' de la mine et de la modélisation des écoulements et du transport de chaleur en milieu souterrain



10

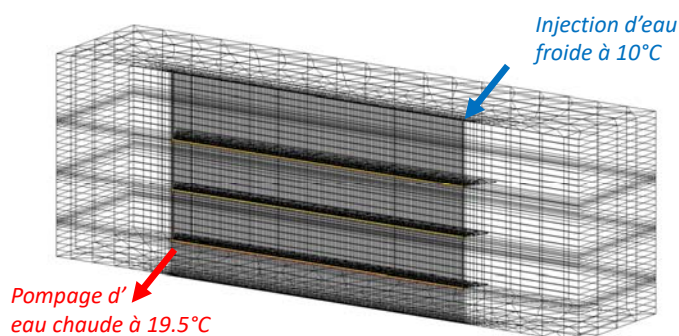
Tests de logiciels et de géométries

Tests avec des 'réservoirs linéaires' dans les puits et galeries ouverts et les équations d'écoulement et de transport de chaleur en milieu poreux pour le reste

... application à une mine schématique typique (mais simplifiée)

Rmq: les puits sont en principe remblayés depuis 40 ans avec des matériaux indéterminés

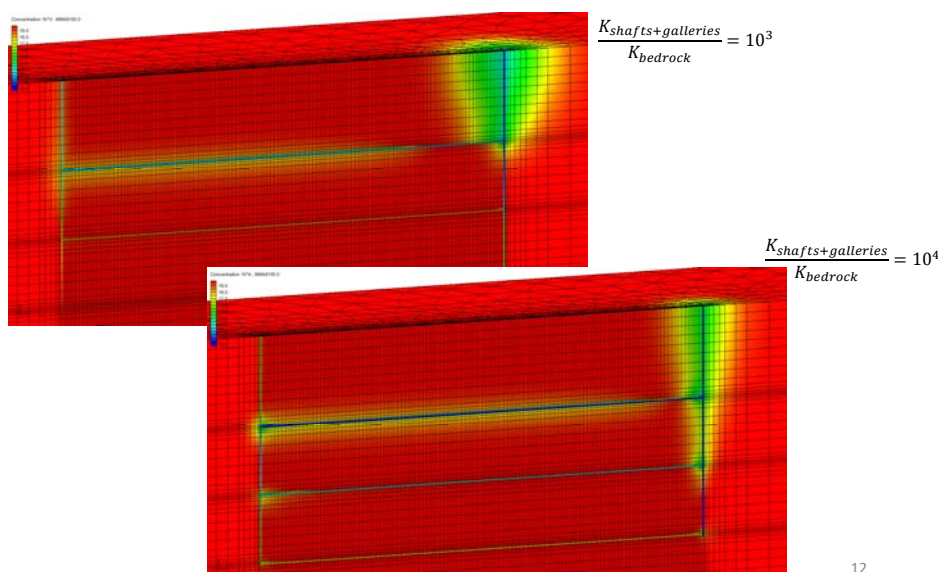
→ simulations pour différents rapports $K_{\text{puits+galeries}}/K_{\text{bedrock}}$



11

Tests de logiciels et de géométries

simulations pour différents ratios $K_{\text{shaft+galleries}}/K_{\text{bedrock}}$

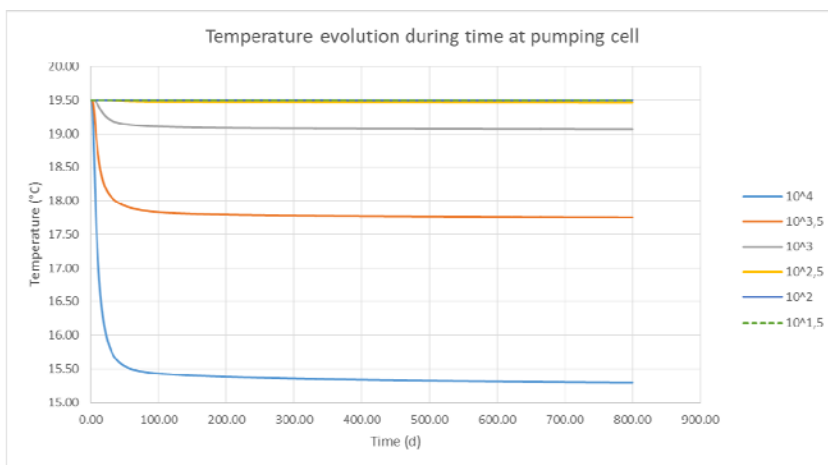


12

Tests de logiciels et de géométries

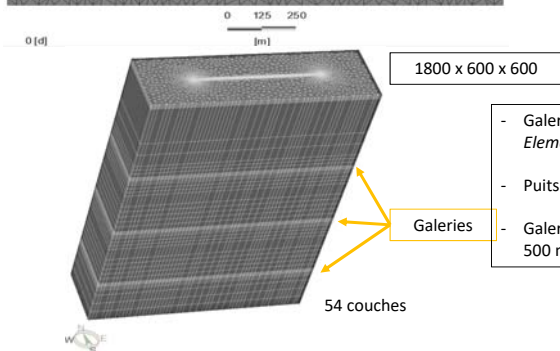
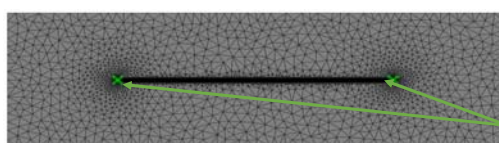
Contrasts of conductivity:

$$\frac{K_{shaft+galleries}}{K_{bedrock}}$$



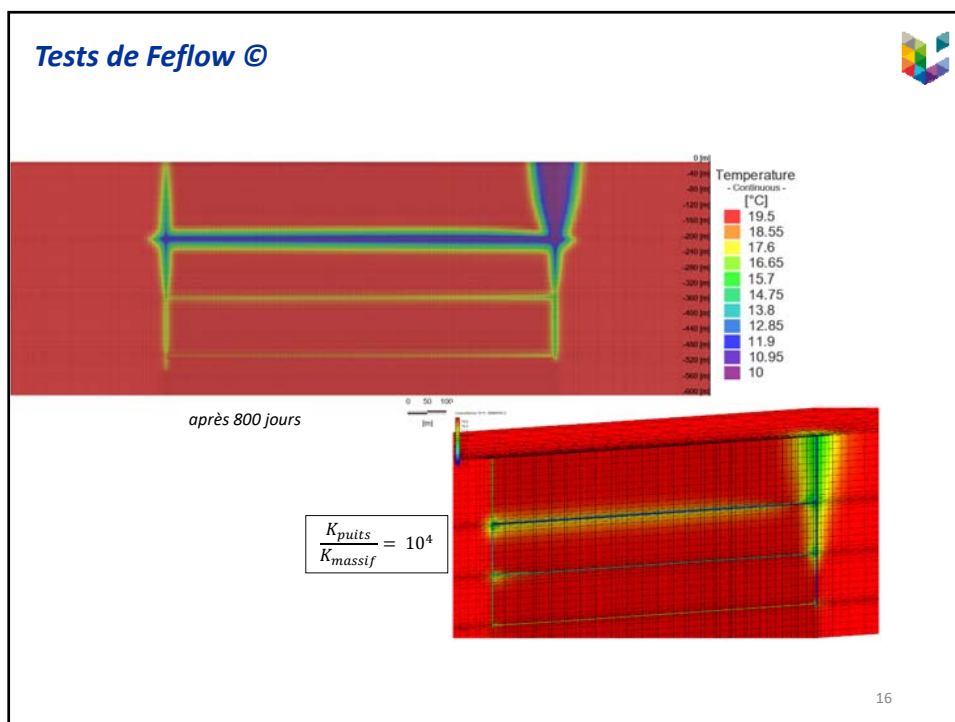
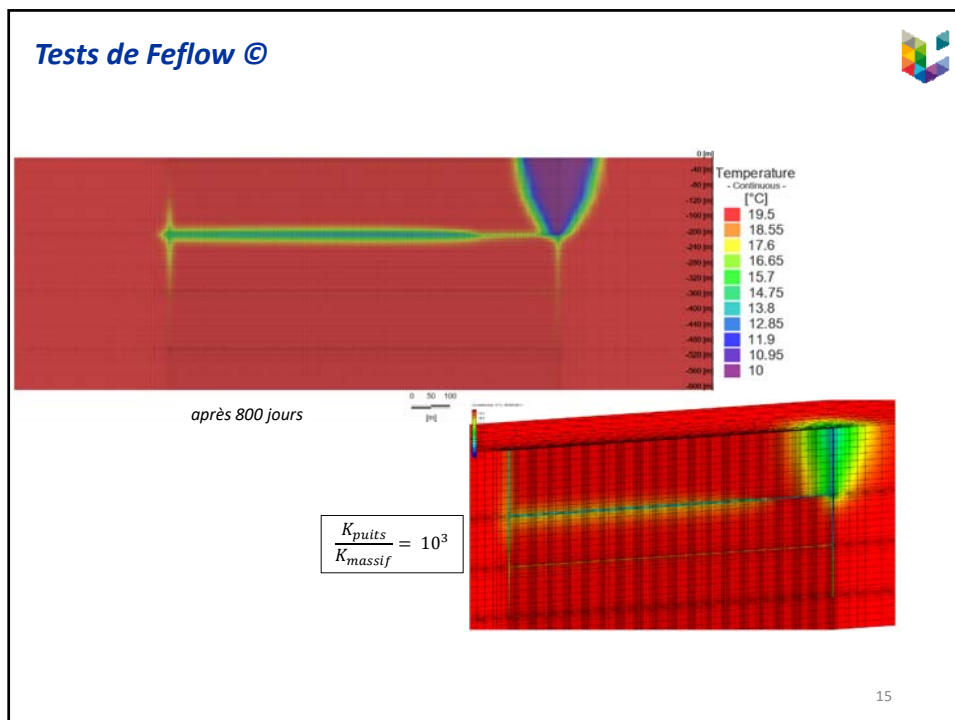
13

Tests de Feflow ©



- Galeries et puits représentés par *Discrete Feature Elements*
- Puits: éléments verticaux de 0 à -500 m
- Galeries: éléments horizontaux à -200 m, -350 m et -500 m

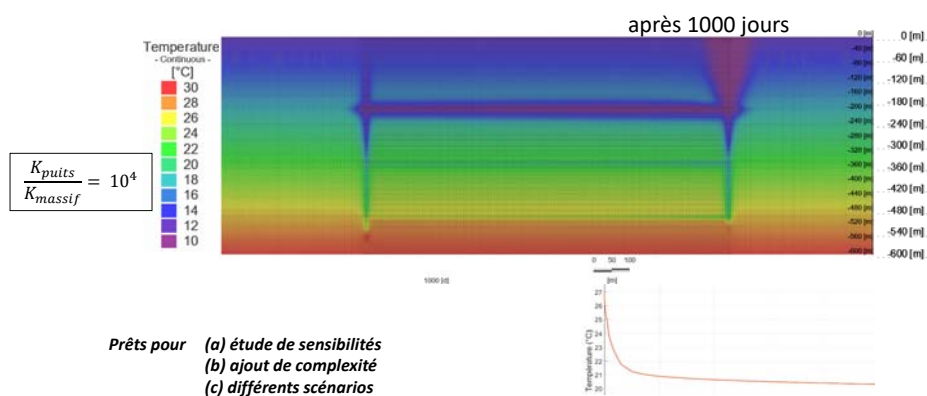
14



Tests de Feflow ©



- T = 12 °C à la surface
- Normal T° gradient + 3 °C/100 m
- T° initiale au pompage (-500 m) : 27 °C
- Base à T° (-600 m) : 30 °C



17

Pour le site de Liège (Zone du Mont Legia)

- conceptualisation 3D de l'ancienne mine est en cours (UMons);
- tests de logiciels avec Feflow ©
- ensuite modélisation de l'écoulement et du transport de chaleur avec comme double objectif:
 - efficacité énergétique pour différents scénarios d'utilisation
 - impact sur les conditions en sous-sol

18

Références (parmi d'autres)



- 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.

Références (parmi d'autres, suite)



- 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., Rabbal, 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.

Références (parmi d'autres, suite)



- 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.