

Analyse numérique d'un test d'injection de chaleur et calcul de la conductivité thermique d'un coulis géothermique

Nehed. Jaziri¹, Jasmin Raymond².

Institut National de la Recherche scientifique—Centre Eau Terre Environnement

Avant-propos

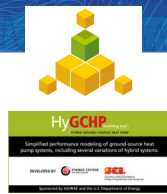
Pour répondre aux besoins de chauffage et de climatisation des bâtiments, les systèmes de pompes à chaleur géothermiques offrent la meilleure efficacité énergétique par rapport aux systèmes conventionnels. À l'école Carignan-Salières sur la rive sud de Montréal, un système géothermique à boucle fermée a été installé dans le but d'assurer le chauffage et la climatisation de la bâtisse construite depuis deux ans. Il est formé par 31 puits verticaux, dans lesquels des tuyaux en U faits de polyéthylène haute densité ont été aménagés. Les forages ont été remplis avec du sable d'olivine synthétique au lieu d'un coulis tel que prévu dans les plans de conception à cause de la fracturation excessive des unités géologiques et de l'écoulement d'eau souterraine. Ce changement de conception ainsi que les variations du régime d'écoulement d'eau souterraine pourraient avoir une influence sur les performances du système et les économies d'énergie qu'il engendra. Une évaluation de la réponse thermique du sous-sol et des échangeurs de chaleur s'impose. Pour cela, un test d'injection de chaleur a été réalisé sur l'ensemble du champ de puits géothermiques pour calibrer un modèle numérique qui servira à prédire la performance du système.

Méthodologie

- Reproduire les résultats du test d'injection de chaleur avec un outil de modélisation appelé HyGCHP;
- Déterminer l'influence du coulis sur la performance des échangeurs de chaleur (Clauser, 2011);
- Effectuer des simulations avec le programme HyGCHP et comparer les réponses thermiques simulées avec les valeurs de conductivité calculées et finalement;
- Évaluer la résistance thermique des puits au transfert de chaleur (Claesson et Hellström, 2011).

Outil

L'HyGCHP (Hybrid Ground Coupled Heat Pump) est un outil de modélisation simple, qui fait appel à TRNSYS et qui utilise le modèle numérique DST (duct storage model). Il permet d'analyser les différentes composantes des systèmes géothermiques (Hellström, 1991).



Le test d'injection de chaleur

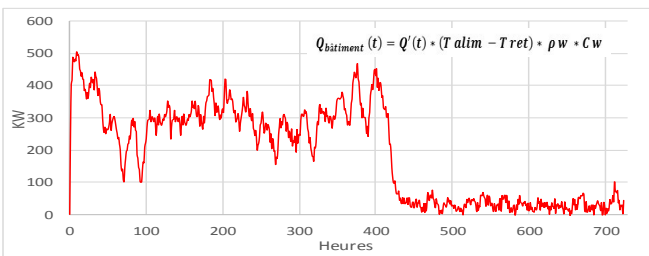


Figure 1. Graphique du taux d'injection de chaleur.

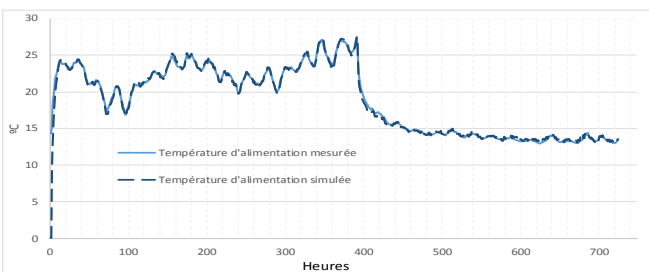


Figure 2. Les températures du fluide caloporteur mesurées vs simulées.

La conductivité thermique du coulis

Tableau. La conductivité thermique calculée selon différentes méthodes

Méthode	Moyenne arithmétique	Moyenne harmonique	Moyenne géométrique
λ_{sol} (W/mK)	1,75	0,88	1,13

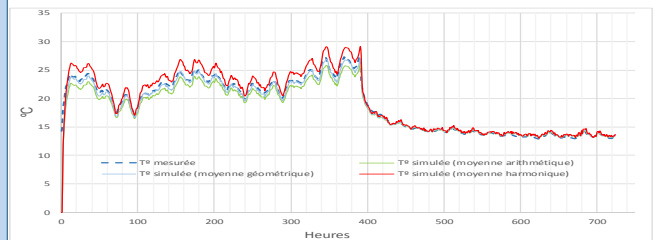
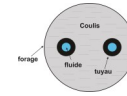


Figure 3. Influence de la conductivité thermique du coulis sur la température du fluide.

La résistance thermique du puits

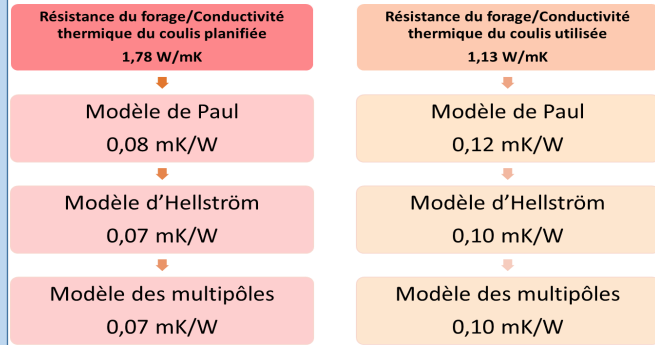


Figure 4. Les résistances thermiques du forage selon différents modèles.

Conclusion

- Durant le test d'injection de chaleur, les pompes à chaleur ont été mises à l'essai avec une puissance maximale; ce qui a permis d'évaluer la réponse thermique de tout le système. Le graphique du taux d'injection de chaleur a montré la fiabilité des échangeurs de chaleur en fonction des paramètres physiques du sous-sol. Grâce à l'outil HyGCHP, les températures de l'eau d'alimentation ont été reproduites par la simulation.
- Pour un forage rempli de sable d'olivine seulement, la méthode de la moyenne géométrique a donné la bonne conductivité thermique qui a permis la reproduction des températures de l'eau reproduite par l'outil simulateur HyGCHP.
- La résistance thermique du forage est inversement proportionnelle à la conductivité thermique du coulis. Plus la conductivité thermique est grande, plus la résistance thermique du forage est faible. La réponse thermique des échangeurs de chaleur aurait été meilleure si les puits avaient été remplis de coulis géothermique contenant de la bentonite comme planifié.

Références bibliographiques

- Claesson, J. and G. Hellström (2011). "Multiple method to calculate borehole thermal resistances in a borehole heat exchanger." HVAC&R Research 17(6): 895-911.
- Clauser, C. (2011). Thermal storage and transport properties of rocks, II: thermal conductivity and diffusivity. Encyclopedia of solid earth geophysics, Springer: 1431-1448.
- Hellström, G. (1991). Ground heat storage: thermal analyses of duct storage systems, Lund University.