

ÉVALUATION DU POTENTIEL DES POMPES À CHALEUR GÉOTHERMIQUE POUR LA COMMUNAUTÉ NORDIQUE DE KUUJUAQ

Inès Kanzari, Jasmin Raymond et Nicolo Giordano

INRS-ETE, Université du Québec

Ines.Kanzari@ete.inrs.ca

Colloque de l'Institut nordique du Québec, 85^e Congrès de l'ACFAS, 8 Mai 2017



INTRODUCTION

La principale source d'énergie utilisée pour le chauffage des bâtiments au Nord est le diesel, ce qui entraîne des coûts importants. Des recherches seront réalisées afin de simuler l'opération de systèmes de pompe à chaleur géothermique pour évaluer la faisabilité de l'extraction de chaleur souterraine. Le but est de vérifier les économies d'énergies qui peuvent être générées avec l'utilisation de cette technologie en remplacement du diesel. Les échangeurs de chaleur opérés à très basse température seraient installés dans un milieu pergélisolé. La présence de pergélisol est une caractéristique importante qui mérite d'être étudiée.

CONTEXTE GÉOLOGIQUE

À Kuujuaq, le socle rocheux est composé de séries magmatiques plutoniques d'âge Paléoproterozoïque et de lithologie dioritique (Figure 1). Il s'agit de diorite quartzifère granoblastique et hornblendes et d'actinotes, généralement très foliée à mylonitiques avec la présence d'une intrusion de granite rose massif à biotite et muscovite.

Le pergélisol est discontinu et ne fait pas plus de 10 à 30 m d'épaisseur (Lemieux et al., 2016). Il est à forte teneur en glace et se trouve généralement dans les vallées fluviales, les zones humides, le sol tourbeux de basses altitudes et les poches de dépôts meubles (Gouvernement du Nunavut, 2013). Les dépôts meubles au-dessus du roc sont des sédiments marins littoraux et pré-littoraux (Figure 2).

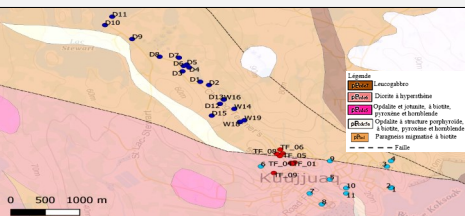


Figure 1. Carte géologique régionale de Kuujuaq (Gouvernement du Québec, 2003-2017)

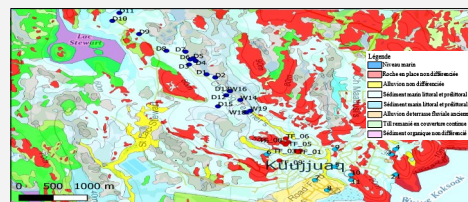


Figure 2. Carte des zones morpho-sédimentologiques de Kuujuaq (Gouvernement du Québec, 2003-2017)

Dix-neuf puits d'exploration ont été forés pour la recherche en eau souterraine à Kuujuaq. L'information obtenue des puits a été synthétisée avec des logs composites (Figure 3) et une corrélation synthétique de direction SE-NW (Figure 4) pour mieux comprendre la répartition verticale et latérale des niveaux lithostratigraphiques caractérisant la zone d'étude.

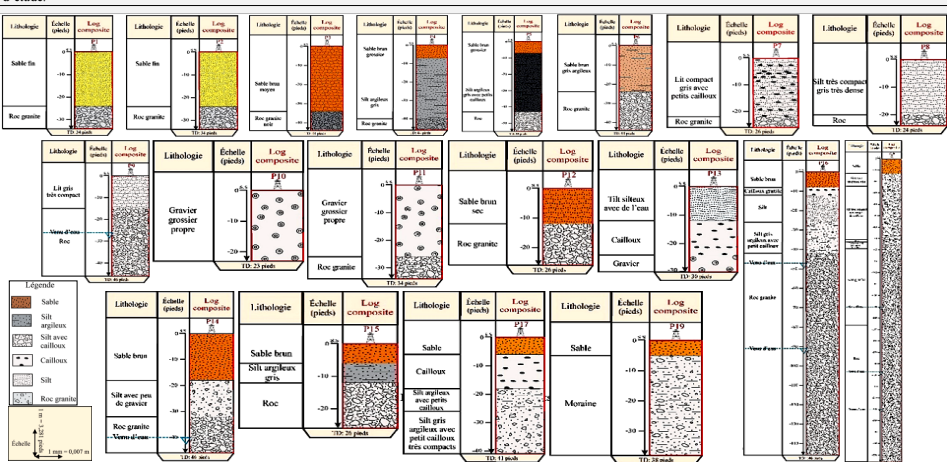


Figure 3. Logs composites des puits forés

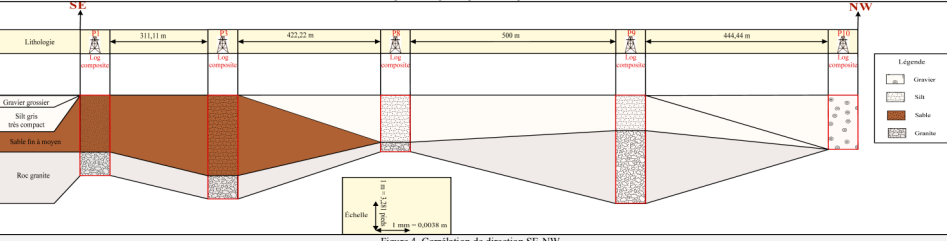


Figure 4. Corrélation de direction SE-NW

MÉTHODOLOGIE

Des échantillons de dépôts meubles et de roches provenant d'affleurements au niveau de Kuujuaq seront recueillis, puis leur conductivité thermique sera mesurée en laboratoire à l'aide d'une sonde à aiguille afin de mieux définir les ressources géothermiques locales. Les mesures de conductivité thermique seront ensuite regroupées pour définir des unités thermostratigraphiques. La détermination du flux de chaleur sera effectuée à partir des données de température mesurée en forage. Des sondages géoélectriques, électromagnétiques et du GPR (radar pénétrant au sol) seront finalement effectués dans le but d'évaluer la distribution et l'épaisseur des dépôts meubles (Figure 5).

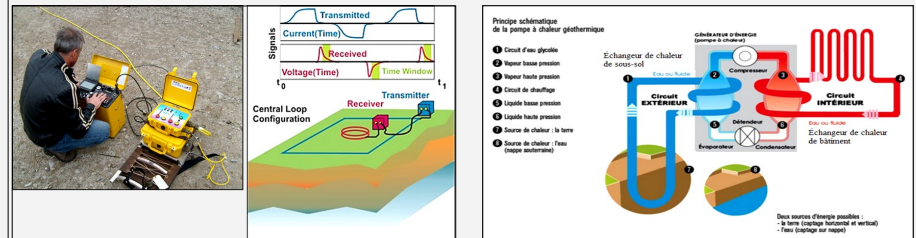


Figure 5. Exemple de sondage électromagnétique dans le domaine temps TDEM (Géophysique TMC, 2015) Figure 6. Principe schématique d'une pompe à chaleur géothermique (Modifié, Ascher D. et al., 2011)

$T_{\text{moyenne air}} = -5,7 \text{ } ^\circ\text{C}$; $T_{\text{sol}} = -1,15 \text{ } ^\circ\text{C}$ (Ouzzane M. et al., 2015); Précipitation totale = 526,8 mm (Environnement Canada, 2004); $\lambda_{\text{eq recomb}} = 1,84 \text{ (W/m.K)}$; $\lambda_{\text{eq min}} = 1,17 \text{ (W/m.K)}$; $\lambda_{\text{eq max}} = 2,34 \text{ (W/m.K)}$.

La connaissance des propriétés thermiques de la sous-surface (Tableau 1) sera nécessaire pour dimensionner et simuler l'opération de systèmes de pompe à chaleur géothermique (Figure 6) afin de calculer les économies d'énergie envisageables, ce qui constitue la dernière étape de ce projet.

Roche / Dépôt meuble	Conductivité thermique recommandée $\lambda \text{ (W m}^{-1} \text{ K}^{-1}\text{)}$	Capacité thermique volumétrique recommandée $C \text{ (J m}^{-3} \text{ K}^{-1}\text{)}$
Diorite	2,9	2,9
Gabbro	1,9	2,6
Granite	3,4	2,4
Argile	0,4	1,6
Gravier	1,8	2,4
Sable	2,4	2,5
Silt	1,8	2,2

Tableau 1. Conductivités et capacités thermiques des dépôts meubles et des roches à Kuujuaq selon la base de données du logiciel Earth Energy Designer

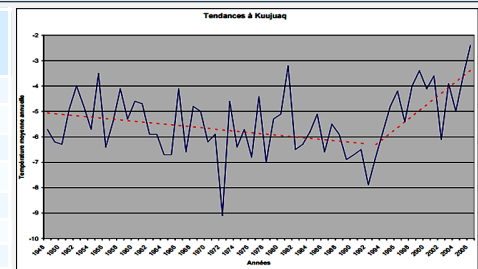


Figure 7. Tendances climatiques à Kuujuaq de 1948 à 2006 (Allard M. et al., 2007)

La mesure des propriétés thermiques de la sous-surface dépendra de la nature de matériaux et de la température (Figure 7). Plus précisément, la conductivité thermique sera influencée par la température, la minéralogie, la porosité et la teneur en eau.

CONCLUSION

L'exploitation des ressources géothermiques superficielles de basse température est envisageable dans le Nord à court terme en comparaison aux ressources géothermiques profondes exploitables à plus long terme. Ce projet apportera un développement de connaissances pour le déploiement de pompe à chaleur géothermique face au climat nordique hostile au niveau des communautés du Nunavik. Il permettra d'acquérir l'expertise nécessaire pour développer des alternatives énergétique au sein d'une communauté où les problèmes énergétiques sont préoccupants, soit Kuujuaq.

RÉFÉRENCES

- Allard M., Calmels F., Fortier D., Laurent C., L'Hérault E. et Vinet F., 2007. "Cartographie des conditions de pergélisol dans les communautés de Nunavik en vue de l'adaptation au réchauffement climatique." Rapport interne, OURANOS, Québec, 42 p.
- Ascher D. et Roussel F., 2011. "La géothermie productrice de chaleur pour les particuliers." Actu-Environnement, Chapitre 2/6.
- Earth Energy Designer, 2017. "Logiciel EED version 4.16 DEMO." Programme pour la conception de l'échangeur de chaleur à forage vertical, consulté le 10 avril 2017.
- Environnement Canada, 2004. "Kuujuaq-Station météorologique." Site internet, <https://fr.wikipedia.org/wiki/Kuujuaq>, consulté le 19 janvier 2017.
- Géophysique TMC, 2015. "TDEM en surface (Crone Deep-EM)." Site internet, <http://geotom.com/services/tDEM-en-surface/>, consulté le 19 janvier 2017.
- Gouvernement du Nunavut, 2013. "Guide du propriétaire sur le pergélisol au Nunavut." Rapport interne, Ministère de l'Environnement et des Ressources naturelles, Ontario, Canada, 28 p.
- Gouvernement du Québec, 2003-2017. "Système d'information géomineère du Québec SIGÉOM." Site internet, http://sigéom.mines.gouv.qc.ca/signet/classes/1108_safCarteRINr_Carte_géologique_régionale_et_carte_des_zones_morpho-sédimentologiques_de_Kuujuaq, Centre de service des mines, Énergie et ressources naturelles, Québec, consulté le 19 janvier 2017.
- Lemieux J. M., Fortier R., Talbot-Poulin M. C., Molsion J., Therrien R., Ouellet M., Banville D., Cochand M. et Murray R., 2016. "Groundwater occurrence in cold environments: examples from Nunavik, Canada." Hydrogeology Journal, Volume 24, Issue 6, pp 1497-1513.
- Ouzzane M., Esлами N. P., Badache M. et Aidoun Z., 2015. "New correlations for the prediction of the undisturbed ground temperature." Geothermics, Volume 53, pp 379-384.