

Rapport final, 13 juin 2018

**Compléments concernant les
grands champs de sondes
géothermiques
«Modèle de soumission pour
l'installation d'une sonde
géothermique»**

Auteurs

Dr. Andreas Ebert, Geo Explorers AG

Christian Häring, Geo Explorers AG

Experts

Dr. Martin Bochud, GeoAzimut Sàrl

René Buchli, e-therm ag

Karl-Heinz Schädle, Schädle GmbH

Hansjakob Schäppi, Progeo GmbH

La présente étude a été élaborée pour le compte de SuisseEnergie.

La responsabilité du contenu incombe exclusivement aux auteurs.

Adresse

SuisseEnergie, Office fédéral de l'énergie OFEN

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Adresse postale : 3003 Berne

Infoline 0848 444 444, www.suisseenergie.ch/conseil

energieschweiz@bfe.admin.ch, www.suisseenergie.ch

Contenu

1	Introduction	4
2	Simulation du champ de sondes	4
2.1	Géométrie du champ de sondes	4
2.2	Détermination des valeurs réelles des paramètres du sous-sol, pour la simulation	5
2.3	Régénération du champ de sondes	6
2.4	Raccordement et collecteurs	6

1 Introduction

Plusieurs sondes géothermiques sur une seule parcelle constituent un champ de sondes. Les remarques complémentaires qui suivent concernent les grands champs de sondes géothermiques avec une puissance de refroidissement à partir de 50 kW ou avec une longueur totale de forage de 2000m ou plus. La limite de puissance et la longueur de forage de 2000m ne sont toutefois pas des limites absolues et pourront, au besoin, être adaptées.

Lors de la planification de l'installation de sondes géothermiques, il est important de dimensionner le champ de sondes par rapport à la puissance de la pompe à chaleur et par rapport à l'énergie extraite et/ou emmagasinée depuis/dans le sol. Une pompe à chaleur avec une puissance thermique plus élevée nécessite plus de mètres linéaires de sondes qu'une pompe à chaleur ayant une puissance moindre, même si la quantité d'énergie extraite du sous-sol est la même.

Les grands champs de sondes géothermiques doivent être correctement **dimensionnés** et **modélisés**, sans quoi il est possible que les sondes gèlent et que l'exploitation durable de l'installation n'est pas assurée. Les aspects suivants doivent être pris en compte lors de la planification d'un champ de sondes géothermiques :

2 Simulation du champ de sondes

Pour le dimensionnement d'un champ de sondes selon la norme SIA 384/6, une simulation pour une durée de fonctionnement de 50 ans doit être réalisée. Les paramètres suivants sont à vérifier :

2.1 Géométrie du champ de sondes

Dans un champ de sondes géothermiques, il est important de vérifier l'**interaction thermique** des sondes entre elles. Plusieurs paramètres tels que la disposition des sondes, leur espacement, leur nombre, leur profondeur ainsi que la géologie peuvent avoir un rôle important. Plus la distance entre les sondes est faible, plus l'interaction thermique entre ces mêmes sondes est importante et doit être compensée par une plus grande profondeur de forage.

Le champ doit être dimensionné pour des extractions d'énergie à court mais aussi à long terme. Pour une extraction d'énergie à court terme, il est important de forer suffisamment de mètres de sondes, afin de pouvoir rapidement fournir assez d'énergie. Inversement, une utilisation durable du sous-sol sur le long terme implique que le champ de sondes couvre un volume de roche suffisant pour fournir assez d'énergie. Pour ce faire, d'autres paramètres peuvent être importants tels que la conductivité thermique, la température du sous-sol et une éventuelle circulation d'eau souterraine.

En plus d'une disposition optimale des sondes géothermiques sur la zone, il faut donc également choisir une profondeur de forage la mieux adaptée. Pour ce faire, il convient de tenir compte de plusieurs facteurs. Pour simplifier, on peut dire que dans la plupart des cas, la profondeur des

forages doit être maximisée et le nombre de sondes doit être minimisé. Ce choix engendre trois avantages:

- Si le nombre de sondes est minimisé, alors l'influence thermique des sondes les unes sur les autres est minimisée aussi, réduisant le nombre de mètres de forages requis.
- Plus on fore profondément, plus le sous-sol est chaud, ce qui a une influence positive sur la puissance et la température d'extraction, et donc sur le COP (coefficient de performance).
- Plus le forage est profond, plus le volume de la roche qui est mobilisée est grand. Ainsi, pour une même surface au sol disponible, on a un plus grand volume de roche qu'on peut valoriser (refroidir). Ceci a un effet positif sur l'extraction de chaleur à long terme.

2.2 Détermination des valeurs réelles des paramètres du sous-sol, pour la simulation

Pour les grands champs de sondes géothermiques, on réalise la plupart du temps un premier sondage à la profondeur maximale. D'une part, cela permet de tester la faisabilité de la technique de forage, et d'autre part, cela permet de réaliser des mesures dans le forage pour déterminer les paramètres du sous-sol. Les paramètres du sous-sol les plus importants pour la simulation sont la **conductivité thermique** et la **température du sous-sol**, voire un écoulement d'eaux souterraines le cas échéant. La conductivité thermique du sous-sol définit la vitesse avec laquelle la chaleur est dirigée à travers la roche et l'eau souterraine jusqu'à la sonde. Plus la conductivité thermique est grande, plus vite la sonde peut se régénérer de manière naturelle en été. Ceci dit, le rayon d'influence thermique de la sonde sera cependant aussi d'autant plus grand. Pour les petites installations, il est possible de se référer à la norme SIA 384/6 et d'utiliser les estimations présentes dans la norme avec une certaine réserve par rapport aux profondeurs de forage. Pour les grandes installations, il est recommandé de mesurer les paramètres exacts du sous-sol dans le sondage. Selon la taille du champ de sonde, un ou plusieurs tests de réponse thermique (TRT) seront réalisés. Un TRT classique permet de mesurer la conductivité thermique effective du sous-sol le long du trou de forage. Pour ce faire, la sonde géothermique est alimentée à chaleur constante et la vitesse à laquelle la chaleur s'évacue dans le sous-sol est mesurée. En plus de la conductivité thermique de la roche, les circulations d'eaux souterraines jouent un rôle important. Si le forage traverse un écoulement d'eau, la conductivité thermique effective, et, avec elle, la puissance d'extraction de la chaleur de la sonde, se trouvent augmentées. Le deuxième paramètre du sous-sol le plus important pour la simulation d'un champ de sondes est la température initiale du sous-sol. Plus cette température est importante, moins la longueur totale de forage requise est grande (dès le début, il y a plus d'énergie à disposition avant d'atteindre la limite du gel de la sonde!). Pour ce faire, un **capteur thermique** est descendu dans le tuyau de la sonde et mesure un profil de température en fonction de la profondeur. Cette opération permet aussi de détecter les éventuels écoulements d'eau souterraine.

La valeur de mesure de la température non perturbée du sous-sol, de la conductivité thermique effective, ainsi que de la résistance thermique des forages, ainsi que l'influence des écoulements d'eaux souterraines, sont utilisées pour la simulation du champ de sondes selon la norme SIA 384/6.

2.3 Régénération du champ de sondes

Pour les grands champs de sondes, et d'autant plus lorsque les parcelles voisines présentent déjà une grande densité de sondes géothermiques, il ne suffit plus de faire des études d'optimisation de la géométrie (disposition des sondes) et de longueurs de forage, si on veut garantir une exploitation durable du champ de sondes. Seules les sondes situées aux extrémités du champ de sondes peuvent se régénérer naturellement en été, toutes les autres sondes du champ sont thermiquement isolées par les sondes extérieures et ne peuvent donc, d'autant plus dans le cas de longues sondes, que légèrement se régénérer depuis le bas ou depuis le haut. Dans ce cas, le champ de sondes doit donc être **régénéré de manière active**. Pour les maisons individuelles, c'est souvent le refroidissement estival passif qui est utilisé comme régénération partielle. Mais cette technique ne suffit pas pour les grands champs de sondes. Dans ce cas, il faut régénérer les champs de sondes (et par conséquent la température du sous-sol) en été, à l'aide de rafraîchissement actif, d'installations de rafraîchissement à l'air, d'installations solaires, ou de rejets thermiques. Le champ de sondes géothermiques se transforme alors en stockage énergétique. Grâce à la régénération active, et en fonction du rapport entre l'énergie extraite et l'énergie injectée dans le sol, la longueur totale de sondes requise est plus courte et les sondes peuvent être placées plus proches les unes des autres. Ceci permet également de réduire les coûts d'investissement et d'exploitation dans le cas d'un grand champ de sondes avec régénération active, par rapport au cas d'un champ de sondes qui ne fait qu'extraire de l'énergie, et qui nécessite plus de forages et une plus grande longueur totale de sondes.

2.4 Raccordement et collecteurs

Pour les grands champs de sondes géothermiques, la plupart du temps plusieurs collecteurs sont installés afin d'égaliser les pressions dans les conduites, de raccourcir la longueur totale des conduites, et de simplifier le réseau de conduites d'arrivée et de retour. Le nombre et l'emplacement des collecteurs dans le champ de sondes, ainsi que des conduites d'alimentation, doivent être planifiés de façon détaillée.