

Régénération des sondes géothermiques

Les sondes géothermiques sont de plus en plus utilisées pour la production d'énergie dans les systèmes de pompe à chaleur. Une régénération de la chaleur du sous-sol est judicieuse et recommandée dans les régions à forte densité de sondes ou pour les champs de sondes géothermiques. L'énergie solaire thermique constitue à cet égard un choix idéal, l'ensoleillement estival pouvant être utilisé à des fins de chauffage pour la période hivernale. Cet aide-mémoire fournit des renseignements sur la régénération active des sondes géothermiques.

Températures du sol

Jusqu'à environ 5 m, le sol est influencé par les variations saisonnières du climat. À une profondeur de 20 m, la température moyenne du sol est de 10 à 12°C. Au-delà, la température augmente d'environ 3 degrés tous les 100 m et reste stable tout au long de l'année. À 1500 m de profondeur, la température avoisine les 60°C.

Sondes géothermiques

Aujourd'hui, les sondes géothermiques (SG) se composent généralement de tuyaux en polyéthylène de sections nominales DN 32, DN 40 ou DN 50 placés en configuration double U. Les forages vont habituellement jusqu'à 300 m de profondeur. Une fois les tuyaux insérés dans le forage, les interstices sont remplis, par le bas, d'un mélange de ciment et de bentonite. Les SG ne peuvent pas être installées n'importe où (les zones de protection des eaux souterraines sont par exemple prohibées) et sont soumises à certaines restrictions en termes de profondeur.

Fin 2015, près de 25 000 000 m de SG avaient été forés en Suisse, et ce chiffre augmente d'environ 2 500 km chaque année. Selon SIA 384/6, la durée de vie prévue des sondes est de 50 ans durant lesquels la température moyenne de l'agent caloporteur ne doit pas descendre en-dessous de -1,5°C. La puissance thermique extraite est généralement de l'ordre de 30 Watts par mètre.

Régénération active

Contrairement aux idées reçues, le flux de chaleur engendré par une SG crée des différences de température importantes et variables dans le sous-sol. Elles sont surtout radiales et horizontales dans le voisinage d'une sonde, ce qui engendre une influence mutuelle lorsque des SG sont proches l'une de l'autre.

Plus les espacements entre les sondes sont importants, plus l'influence mutuelle entre des sondes adjacentes est faible. À partir de 20 m d'espacement entre les sondes, l'influence est également faible sur des laps de temps conséquents : on parle dès lors d'utilisation durable. En cas d'espacement plus faible entre les SG, il convient de limiter le prélèvement ou de régénérer activement le réservoir souterrain. À cet égard, une régénération s'avère souvent plus avantageuse que d'augmenter les espacements entre les forages ou de prolonger les SG.

La norme SIA 384/6 en vigueur doit être renouvelée prochainement afin de garantir une meilleure prise en compte de l'influence mutuelle dans les champs de sondes.

Il est question de régénération des SG dans la mesure où l'énergie injectée ne dépasse pas la quantité d'énergie extraite au cours d'une année. Si l'énergie injectée dépasse la quantité d'énergie extraite, la température dans le sous-sol augmente par rapport à la température initiale. Le sous-sol sert de réservoir de stockage longue durée. Une régénération intégrale ou même une hausse de température au-delà de la température initiale sont rarement possibles en raison des surfaces disponibles pour les capteurs. Une régénération peut s'avérer intéressante sur le plan économique étant donné que cela diminue le nombre de mètres de SG nécessaires.

Chaleur solaire

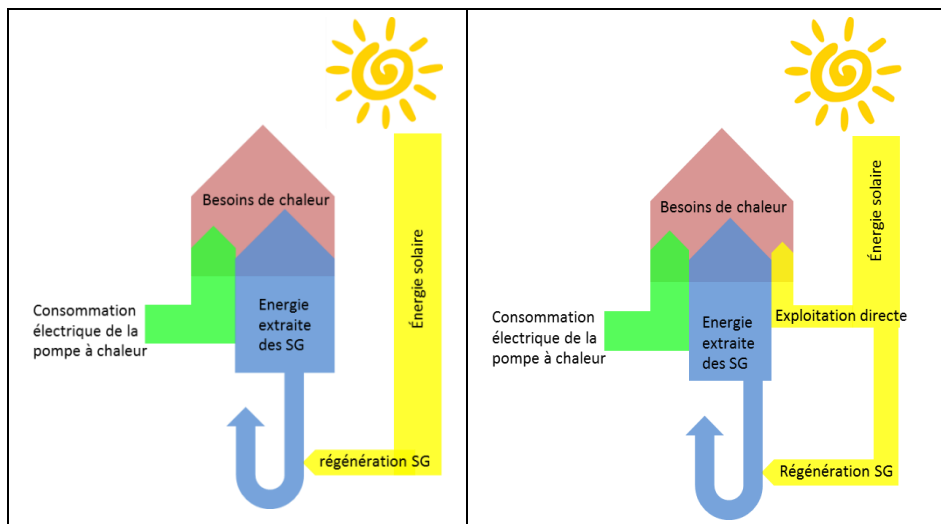
L'exploitation du rayonnement solaire est idéale pour une régénération active des SG. Le rayonnement important en période estivale peut ainsi être stocké dans la terre quasiment sans pertes à l'aide d'absorbeurs non vitrés ou de capteurs hybrides photovoltaïques et thermiques (PVT) pour générer de la chaleur à basse température. Les capteurs plans ou à tubes sous vide conviennent pour une exploitation directe (eau chaude/chauffage) avec régénération supplémentaire des SG. L'avantage de ce système réside dans l'exploitation de la quasi-totalité du rayonnement solaire sans temps d'arrêt de l'installation et des températures moyennes modérées avec en conséquence une durée de vie plus longue des composants.

En règle générale, les capteurs plans et les tubes sous vide à double paroi requièrent des températures de service supérieures à la température ambiante afin d'éviter les dommages dus à l'humidité à l'intérieur des capteurs. Les autres types de capteurs peuvent également être exploités en-dessous de la température ambiante avec un rendement maximal. Les SG doivent être régénérées à max. 40°C à court terme et max. 30°C sur le long terme. Pour des solutions de régénération avec un rapport « surface de capteurs sur longueur des SG » inférieur à 0,1 m²/m, cela est généralement le cas (en raison des débits massiques nettement plus élevés dans le circuit des SG) si on utilise des absorbeurs non vitrés et

des éléments PVT. Pour les capteurs plus efficaces, une combinaison avec une exploitation directe est recommandée (voir graphique ci-dessous).

Le redémarrage d'une telle installation peut être critique, par exemple après une coupure de courant ou lors de la transition entre exploitation directe avec des températures supérieures à 60°C et la régénération des SG. À l'instar de la protection d'un chauffage au sol, un thermostat de sécurité doit stopper la pompe de circulation du capteur et par conséquent l'apport de chaleur lorsque les températures de sortie au niveau de l'échangeur sont supérieures à 40°C.

Dans tous les cas le dimensionnement de la solution adoptée, obtenue par simulations, doit montrer que les températures du fluide restent dans les limites tolérées en fonctionnement normal.



Régénération de SG avec des capteurs à basse température (absorbeurs non vitrés, PVT)

Exploitation directe et régénération de SG avec des capteurs plans et à tubes sous vide

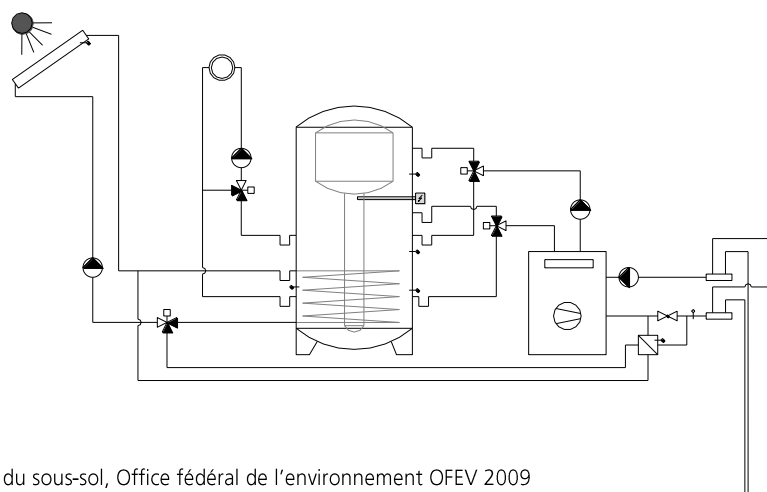
Rendement typique de différents capteurs

Type de capteur	Régénération SG uniquement	Exploitation directe et régénération SG
Modules PVT	200 – 300 kWh/m ² ·a	
Absorbeurs sélectifs	600 – 800 kWh/m ² ·a	500 – 650 kWh/m ² ·a
Capteurs plans		600 – 750 kWh/m ² ·a
Capteurs à tubes sous vide		650 – 800 kWh/m ² ·a

Raccordement hydraulique

Il est recommandé de séparer le circuit du capteur de celui de la SG, notamment parce qu'une concentration plus importante de glycol est nécessaire pour protéger le circuit du capteur contre le gel alors que dans le circuit de la sonde géothermique de l'eau peut également servir le cas échéant d'agent caloporteur. Sans séparation des circuits, le rendement de la pompe à chaleur sera plus faible en raison des propriétés physiques moindres de l'agent caloporteur nécessaire au circuit du capteur.

Schéma hydraulique pour le système de pompe à chaleur avec exploitation solaire directe et régénération de SG.



Informations complémentaires

Exploitation de la chaleur tirée du sol et du sous-sol, Office fédéral de l'environnement OFEV 2009
 Étude RegenOpt, Office du bâtiment de la ville de Zurich 2015