

La Chaleur de la Terre : Une énergie propre et durable pour tous

Editorial

Cet été, le prix du baril de pétrole a franchi de nouveaux sommets, les signataires du Protocole de Kyoto n'arrivent pas à contenir les émissions de gaz à effet de serre dans les limites prévues et la consommation d'énergie poursuit sa progression. D'un autre côté, on a jamais autant parlé des énergies renouvelables et des problèmes liés au climat !

En Suisse, de nombreuses technologies sont disponibles sur le marché, tant pour la construction de bâtiments peu gourmands en énergie que pour la production de chaleur et d'électricité. Quand le prix des combustibles fossiles était bas, certaines énergies renouvelables n'étaient pas concurrentielles. Maintenant, la situation est en train de changer et il faut profiter du savoir-faire acquis dans notre pays. Le développement accru de toutes les énergies renouvelables (biomasse, solaire, vent et géothermie), ainsi que les économies d'énergie pourraient contribuer à stabiliser, puis à diminuer la consommation de pétrole et de gaz. Ces technologies innovantes sont également créatrices d'emploi et permettent à la Suisse d'exporter un savoir-faire à haute valeur ajoutée.

En ce qui concerne l'utilisation de la chaleur de la Terre, le développement spectaculaire des sondes géothermiques se poursuit, avec un produit de plus en plus sûr et efficace (sonde verticale + pompe à chaleur pour villa familiale), à un coût très raisonnable.

Dans ce numéro d'*Infos-Géothermie*, ce sont les installations comprenant une série de sondes géothermiques qui sont présentées, car elles offrent des solutions intéressantes pour le chauffage hivernal et le rafraîchissement estival de bâtiments de grande taille, tels des immeubles locatifs, des bâtiments administratifs, commerciaux et industriels. Dans certains cas, il n'y a aucune chaudière, alors que pour d'autres installations avec un brûleur d'appoint, il est possible d'économiser jusqu'à 80% de combustible.

F.-D. Vuataz

Les champs de sondes géothermiques: une technique adaptée aux grands bâtiments

Actuellement en Suisse, plus de 30'000 sondes géothermiques verticales (SGV) sont en fonction. La très grande majorité d'entre elles fournissent l'énergie calorifique nécessaire au chauffage d'une maison familiale. Elles sont composées d'un forage unique de 120 à 140 m, ou parfois de deux forages de 70 m environ, couplés à une pompe à chaleur (PAC) qui utilise l'énergie du sous-sol pour alimenter un chauffage à basse température.

Si l'on groupe une série de SGV ou si l'on fore à plus grande profondeur, l'échangeur de chaleur disposera d'un potentiel plus important, permettant de chauffer un groupe de villas ou des bâtiments de plus grande taille, tels des petits immeubles, des locaux industriels ou administratifs, des salles polyvalentes, etc.



Vue intérieure du bâtiment de Chestonag AG, une entreprise dont les locaux sont chauffés et rafraîchis par quatre sondes géothermiques de 250 m de profondeur (photo M. Eberhard)

Depuis une dizaine d'années, on assiste à la réalisation de champs de sondes géothermiques pour le chauffage, avec ou sans système de rafraîchissement estival. Ces champs de sondes sont formés d'une série de forages équipés généralement de deux tubes en polyéthylène en forme de double U, servant d'échangeur de chaleur avec le terrain.

Pour assurer un bon contact thermique entre les tubes échangeurs et les parois du forage, un coulis de bentonite et de ciment est injecté. Le nombre de forages (4 à 50) et leur profondeur (60 à 300 m) dépendent de la puissance calorifique nécessaire et des conditions géologiques locales. Les SGV sont disposées le plus près possible des bâtiments à chauffer. Les conduites de chaque SGV se rejoignent dans un collecteur qui alimente une PAC de grande taille ou un agrégat de plusieurs PAC. Le chauffage à basse température et le rafraîchissement des locaux est réalisé par la distribution de fluide dans les dalles des planchers ou des plafonds.

L'installation fonctionne sur un cycle annuel : pendant l'hiver, on extrait la chaleur du terrain (injection de froid) pour le chauffage. Pendant l'été, si un rafraîchissement est requis, on récupère le froid stocké dans le terrain pendant la saison de chauffage (injection de la chaleur des locaux). Le rafraîchissement des bâtiments en mode dit « freecooling » est avantageux sur le plan énergétique, car il fonctionne uniquement avec les SGV, sans machine frigorifique.

Pour ce type d'installation, plus complexe et plus coûteuse qu'une SGV unique pour une villa familiale, il est important de dimensionner à l'avance et avec précision le futur champ de sondes, en fonction des besoins énergétiques et des installations produisant la chaleur et le froid. Lorsque le système complet est en fonction, un programme de mesure des performances du champ de sondes pendant deux ans permet d'en optimiser les réglages et le mode de fonctionnement. Pour ces études, des outils de simulation numériques sont à disposition.

Centre thermal Bogn Engiadina à Scuol (Grisons)

C'est en 1987 que la Commune de Scuol en Basse Engadine (Grisons) a finalisé la planification d'un complexe thermal basé sur les nouveaux critères des lieux de cure et de détente. Les sources minérales de Scuol sont froides, c'est pourquoi il faut les réchauffer avant leur utilisation pour les bains. Dès le début du projet, un concept de valorisation de la chaleur du sous-sol pour chauffer ce centre thermal a été proposé. C'est une importante installation qui a été construite, comprenant un champ de 40 SGV à 150 m de profondeur et cinq PAC de 60 kW. Une chaudière à mazout prend en charge la demande calorifique de pointe. Les rejets thermiques des bassins sont récupérés par des échangeurs de chaleur, puis par deux PAC spécifiques.

En été, le champ de SGV est déconnecté pendant quatre semaines pour permettre la régénération thermique naturelle du terrain.

L'investissement total pour cette installation géothermique s'est monté à 901'000 CHF, dont 498'000 CHF pour les forages et les sondes. Malgré cet important investissement, le prix de la production de chaleur se montait en 1997 à 6.5 ct/kWh.



Vue du Centre thermal de Bogn Engiadina à Scuol. Le champ de sondes est situé sous la zone de verdure, à droite de la photo (Photo Bogn Engiadina Scuol)

Meister + Co. AG à Wollerau (Schwyz)

A Wollerau, sur la rive sud du lac de Zurich, s'est construit en 1995 le bâtiment d'une firme de bijouterie, comprenant ateliers et bureaux. Les besoins calorifiques et frigorifiques ont conduit à la création d'un champ de sondes, formé de 32 échangeurs de chaleur souterrains. Ceux-ci sont forés sous les fondations du bâtiment et pénètrent jusqu'à la profondeur de 135 m. Cela représente un volume de roche de 325'000 m³ utilisé comme stock saisonnier de chaleur et de froid. L'énergie récupérée par les SGV est reprise par une PAC, ou par une machine frigorifique, en fonction des besoins et de la saison. Une chaudière à gaz de secours n'est mise en fonction que lors de la révision de la PAC.

Un programme d'étude comprenant des mesures thermiques pendant deux ans, puis une analyse fine des données, ainsi que des simulations numériques du fonctionnement de l'installation ont été financés par l'Office fédéral de l'énergie. Il a permis d'optimiser l'utilisation de ce champ de sondes et d'obtenir des règles de dimensionnement pour des installations futures.



Usine et bureaux de la société Meister + Co. AG à Wollerau (photo NEK Umwelttechnik AG)

Centre d'études Gerzensee, Fondation de la Banque nationale suisse (Berne)

Dans le passé, les quatre bâtiments du Centre d'études Gerzensee, comportant des salles de conférences, 52 chambres d'hôtel et une cafétéria, étaient chauffés à l'aide d'une grosse pompe à chaleur air-eau et d'une chaudière à mazout. En vue de rénover ces installations, de diminuer la consommation d'énergie et de climatiser l'étage supérieur de l'un des bâtiments, un nouveau système de chauffage a été

conçu. Il s'agit d'un champ de 32 SGV de 150 m couplées à deux PAC de 114 kW chacune et d'une chaudière d'appoint à mazout. De plus, une installation en mode « freecooling » permet le rafraîchissement estival de la grande salle polyvalente. Avec ce nouveau système, la consommation de mazout a chuté de 81 %, alors que le taux de couverture de la PAC a passé de 51 à 91 %. Même avec les nouvelles PAC, la consommation d'électricité a baissé de 8%. Pendant deux ans, un programme de mesures a permis d'évaluer si les buts fixés par le projet énergétique avaient été atteints. En comparant les données enregistrées à celles de l'ancienne installation, on constate une économie totale d'énergie substantielle de 54%.

L'ensemble des dépenses liées à l'installation de chauffage atteint 1.03 millions de CHF, dont CHF 497'000 pour le champ de SGV.



Vue partielle du Centre d'études Gerzensee, Fondation de la Banque nationale suisse (photo M. Wyss)

Avec ce fort investissement, le prix de l'énergie de la nouvelle installation atteint 18.5 ct/kWh, en comparaison de 9.4 ct/kWh avec un chauffage conventionnel au mazout. Au prix actuel du combustible, il n'est pas possible de rentabiliser ces équipements, mais par contre, le Centre d'études Gerzensee possède maintenant une installation innovante et des émissions de gaz à effet de serre réduites au minimum.

Chestonag Automation AG à Seengen (Argovie)

Un petit champ de sondes géothermiques a été créé en 2000 pour un bâtiment de la société Chestonag Automation AG à Seengen au bord du lac de Hallwil dans le canton d'Argovie. Quatre forages de 250 m ont été creusés, avec un écartement horizontal entre chaque sonde de 10 à 11 m, ce qui limite les interactions thermiques entre les sondes. L'isolation

Caractéristiques techniques des champs de sondes géothermiques

Bâtiment	Bogn Engiadina	Meister + Co. AG	Centre d'études Gerzensee	Chestonag Automation AG
Localité	Scuol	Wollerau	Gerzensee	Seengen
Canton	Grisons	Schwyz	Berne	Argovie
Type de locaux	Centre thermal	Industriel	Locaux variés	Bureaux
Surface de référence (m ²)	-	3'050	4'900	1'600
Volume des bâtiments (m ³)	38'900	30'000	-	-
Sondes				
Nombre	40	32	32	4
Profondeur (m)	150	135	150	250
Puissance spécifique (W/m)	29	32	30	41-50
Type de roche	Schistes lustrés	Molasse	Molasse	Molasse
Pompes à chaleur (PAC) :				
Sondes géothermiques	5 x 60 kW	PAC + machine frigorif. : 1 x 52 kW	2 x 114 kW	5 x 14 kW
Récupération de chaleur	2 x 67 kW			
Demande thermique (MWh/an)	4'162	470	667	150
Demande frigorifique (MWh/an)	0	75	pas connu	44
Consommation gaz/mazout (MWh/an)	1049	0	40	0
Mise en service	1993	1995	2002	2000

complète des sondes sur les huit premiers mètres de profondeur, ainsi qu'en surface pour les conduites horizontales réduit au minimum les influences climatiques. L'originalité de ce système vient aussi des capteurs de température installés dans chacune des sondes aux profondeurs de 15, 100 et 250 m, qui permettent de contrôler leur comportement thermique en toutes périodes.

De septembre à mai, les SGV couplées aux cinq pompes à chaleur fournissent l'énergie de chauffage. Lors des mois d'été, le rafraîchissement du bâtiment s'effectue en mode « freecooling », en récupérant le froid stocké dans le sous-sol pendant l'hiver.

Un calcul comparatif sur les coûts et l'efficacité énergétique a montré que le système réalisé avec quatre sondes de 250 m fonctionne de manière plus efficace qu'un champ de dix sondes de 100 m. Malgré un très léger surcoût à l'investissement de CHF 1'555, la durée de l'amortissement de cette installation ne dépasse pas deux ans, si bien qu'elle fonctionne maintenant de manière économique.



Local de chauffage chez Chestonag AG avec cinq pompes à chaleur de 14 kW chacune (photo M. Eberhard)

Interview

Dr. Mark Eberhard

Eberhard & Partners AG
Aarau



Quelles sont les principales précautions à prendre avant d'implanter un champ de sondes géothermiques ?

M. E.: De manière prioritaire, ce sont les conditions géologiques et hydrogéologiques ainsi que les besoins thermiques qui doivent également être calculés avec précision. Cela permettra de comparer à l'avance la puissance spécifique des sondes et la consommation de chaleur.

Pour une longueur totale équivalente, pourquoi est-il plus avantageux de forer des sondes géothermiques plus profondes mais moins nombreuses ?

M. E.: Plus on fore en profondeur, plus la température augmente (1 °C par 33 m). Dans le cas d'un champ de sondes peu profondes, l'influence de la température superficielle (basses températures hivernales) est plus forte que pour un champ de sondes moins nombreuses mais plus profondes. Donc, avec des sondes plus profondes, on obtient des températures de production plus élevées. A partir d'une certaine profondeur, il est même possible de renoncer à l'antigel dans le fluide caloporteur. Finalement, la consommation d'électricité est plus faible et par conséquent le coefficient de performance est plus élevé.

Quels arguments utiliser pour convaincre un investisseur de chauffer son bâtiment avec un champ de sondes géothermiques, au lieu d'une solution classique à gaz ou à mazout ?

M. E.: Ce sont avant tous des frais de fonctionnement et d'entretien réduits, et l'utilisation d'une énergie propre qui ménage l'environnement. Il faut ajouter la possibilité de rafraîchir le bâtiment pendant l'été avec les sondes.

Sélection sur Internet

Promotion de la géothermie en Suisse
www.geothermal-energy.ch/

Centre de test des PAC de Buchs, St Gall
www.wpz.ch/

Groupement promotionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP)
www.pac.ch/

Geothermal heat pump consortium, USA
www.geoexchange.org/

ENET, réseau d'information et de transfert de technologie en matière d'énergie (OFEN)
www.energieforschung.ch/

Contacts & renseignements

Centre romand de promotion de la géothermie
Jules Wilhelm, Ing.-conseil
Ch. du Fau-blanc 26 – 1009 Pully
Tél. & Fax 021 729 13 06
jules.wilhelm@geothermal-energy.ch

!!! Hotline !!!

Manifestations

Septembre – Décembre 2004 :

Exposition Romande de Géothermie
Expositions successives à Brigue, Sion, Monthey et Martigny - Renseignements : Service de l'énergie à Sion - Tél. 027 606 31 00 et Centre romand de promotion de la géothermie - Tél. 021 729 13 06

22 – 23 octobre 2004 : Journées techniques de la Société Suisse pour la Géothermie (SSG)

Systèmes géothermiques stimulés – Projets et technologies pour la production d'électricité et de chaleur, à Bâle et à Soultz-sous-Forêts (Alsace)

Renseignements :

Secrétariat SSG, H. Rickenbacher
Tél. & Fax 032 341 45 65
svg-ssg@geothermal-energy.ch

24 - 29 avril 2005 : Congrès Mondial de Géothermie, Antalya, Turquie
www.wgc2005.org/

Abonnement gratuit

Infos - Géothermie (3x/an)

Français Deutsch Italiano

Firme / Institution _____

Nom / Prénom _____

Adresse _____

NPA / Localité _____

Tél / Fax _____

e-mail _____

**Découper ou copier ce coupon et l'envoyer à :
Société Suisse pour la Géothermie (SSG)**

Secrétariat: H. Rickenbacher
Dufourstr. 87, CH-2502 Bienne
Tél. & Fax 032 341 45 65
svg-ssg@geothermal-energy.ch



Septembre 2004 / N° 8

Paraît 3 fois l'an en français, allemand et italien

Edition

Société Suisse pour la Géothermie (SSG), Bienne

Rédaction

François-D. Vuataz, CHYN, Univ. NE
francois.vuataz@geothermal-energy.ch

Comité de rédaction

Harald Gorhan, Thomas Kohl,
Thomas Mégel, Daniel Pahud,
Ladislaus Rybach, Jules Wilhelm

Mise en page/ graphisme

Stéphane Cattin, CHYN, Univ. NE

Impression

Cighélio Sarl, Neuchâtel

Impressum
Infos - Géothermie