

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

Editorial

De plus en plus on cherche à réduire le nombre de bâtiments qui font appel à la climatisation, car celle-ci induit, d'une part, de lourds investissements et des coûts de fonctionnement importants, et risque, d'autre part, de poser des problèmes de surcharge au niveau des réseaux de distribution de l'énergie électrique. Pourtant, en complément à des mesures adéquates sur l'enveloppe du bâtiment, comme de bonnes protections solaires, une inertie thermique suffisante et la possibilité d'effectuer une ventilation naturelle, il existe des méthodes simples de rafraîchissement passif. Parmi celles-ci le *geocooling*, qui consiste à utiliser la fraîcheur du milieu souterrain, au moyen de sondes géothermiques verticales, de géostructures énergétiques (pieux énergétiques) ou de systèmes de tubes horizontaux proches de la surface, comme les puits canadiens.

Jusqu'à présent, ces techniques ont principalement été utilisées pour satisfaire des besoins de chauffage ; or, un potentiel important existe pour le rafraîchissement en période estivale, permettant ainsi d'obtenir un confort intérieur satisfaisant sans recourir à un système de climatisation conventionnel. Malgré le grand intérêt porté par la profession à ces techniques de *geocooling*, peu d'installations ont été réalisées.

Dans ce numéro d'*Infos-Géothermie*, quatre installations fonctionnant avec la technique du *geocooling* sont présentées. Elles permettent de montrer les vastes possibilités d'applications, aussi bien pour des bâtiments de taille et d'affectation différentes (immeuble administratif, terminal d'aéroport, station de relais de téléphonie) que pour la technique utilisée (sondes géothermiques, pieux énergétiques, puits canadiens).

Les informations de ce numéro ont été extraites du rapport « Refroidissement par *geocooling* : Bases pour un manuel de dimensionnement ». Ce dernier peut être téléchargé sur les sites Internet www.cuepe.ch ou www.lee.supsi.ch.

D. Pahud

Le geocooling, une technique intéressante pour le rafraîchissement de bâtiments

Le refroidissement par geocooling comprend deux types de systèmes principaux. Le premier est basé sur les sondes géothermiques verticales ou les géostructures énergétiques et le deuxième sur les puits canadiens.

Dans le cas de sondes géothermiques verticales, la source de fraîcheur se situe bien en dessous de la zone subissant les variations saisonnières de température, qui correspond environ aux 15 premiers mètres de profondeur. On dispose ainsi d'un stock de grande capacité thermique dont la température initiale se situe aux alentours de 10° C. Les propriétés géologiques et hydrogéologiques du lieu sont déterminantes sur les performances thermiques du système et donc sur son dimensionnement. De même, la prestation hivernale (chauffage) est le plus souvent nécessaire pour effectuer une recharge thermique saisonnière du stockage et garantir ainsi le fonctionnement en geocooling du système (et vice versa). Le fluide caloporteur est généralement un mélange d'eau et d'antigel qui circule en circuit fermé entre les tubes en double U des sondes et le système de chauffage / rafraîchissement du bâtiment.



Bâtiment Schwerzenbacherhof (Schwerzenbach, ZH) refroidi et chauffé par puits canadien (photo Wolgroth AG)

Dans le cas de puits canadiens, il s'agit de rafraîchir l'air du système de ventilation avant qu'il ne pénètre dans le bâtiment, en le faisant passer par des tubes enterrés horizontalement, sous le bâtiment ou à l'extérieur de celui-ci. De façon alternative, on peut utiliser un circuit d'eau, couplé au système de ventilation via un échangeur air/eau (cf. bâtiment Perret SA, ci-après).

Dans les deux cas, on utilise l'inertie thermique du terrain pour amortir les variations journalières de température de l'air et avoir une température de ventilation qui reste stable au cours de la journée. En général ces conditions sont obtenues à partir d'une profondeur de 0.5 m déjà. Pour des profondeurs plus grandes, de l'ordre de 2 à 3 m, ainsi que des écartements de tubes correspondant, on peut aussi bénéficier d'un relatif amortissement de l'oscillation météo saisonnière, ce qui peut également être utile en hiver pour le préchauffage de l'air. Un tel dimensionne-

ment doit cependant se faire avec circonspection, la zone de stockage saisonnière se situant à l'intérieur de la zone d'influence météo, ou dans la zone d'influence du bâtiment lui-même. En revanche, et contrairement aux sondes géothermiques et aux géostructures énergétiques, ces systèmes sont relativement indépendants vis-à-vis des propriétés géologiques du lieu. Pour un amortissement journalier, le système ne dépend d'ailleurs pas de l'utilisation hivernale.



Dock Midfield de l'aéroport de Zurich

Le Dock Midfield, un terminal pour 26 avions, a été construit dans le cadre de la cinquième étape de construction de l'aéroport de Zurich. Situé dans le triangle des pistes, ce bâtiment a une longueur de 500 m pour une largeur de 30 m. Il possède une surface de planchers chauffés de 58'000 m², correspondant à un volume de 200'000 m³.

En raison de la mauvaise portance de la couche de terrain superficielle, les charges du bâtiment sont reprises par 350 pieux de gros diamètres (90 à 150 cm). Fichés dans la couche de moraine située à environ 30 mètres de profondeur, les pieux en béton ont été moulés sur place dans des forages exécutés à cet effet. Environ 300 de ces pieux ont été convertis en pieux énergétiques, c'est-à-dire qu'ils sont équipés de tubes en U (comme les sondes géothermiques), pour échanger de l'énergie thermique avec le terrain. Ils sont couplés à une pompe à chaleur en hiver pour couvrir une fraction significative des besoins de chaleur. En été, ils permettent d'évacuer une partie des charges thermiques du bâtiment par geocooling, c'est-à-dire en couplant le circuit des pieux à la distribution de refroidissement par le biais d'un échangeur de chaleur. Une température de retour de 21° C est attendue dans la distribution de froid.

L'énergie thermique annuelle extraite par les pieux (1'100 MWh/an) est beaucoup plus importante que l'énergie annuelle injectée par geocooling

Performances thermiques par unité de longueur de pieu énergétique au Dock Midfield

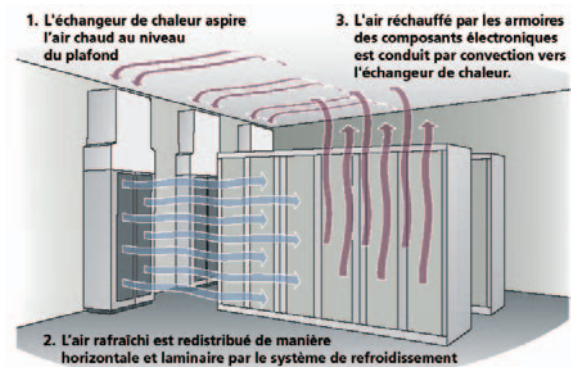
Pieux énergétiques	Nombre Longueur totale	306 8'200 m
Geocooling	Puissance moyenne Puissance maximale Energie	17 W/m 40 W/m env. 60 kWh/m an
Chauffage	Puissance Energie	env. 50 W/m 135 kWh/m an

Vue du Dock Midfield de l'aéroport de Zürich. Les pieux de fondation sont utilisés à des fins de geocooling et de chauffage (Photo D. Pahud)

(470 MWh/an). Ceci est important pour compenser le transfert de chaleur du bâtiment vers le terrain, afin d'éviter une élévation de la température moyenne du terrain année après année, qui se répercuterait de façon négative sur le potentiel de geocooling offert par les pieux énergétiques.

Station de relais de téléphonie

En Suède plus d'une trentaine d'installations de refroidissement avec sondes géothermiques ont été réalisées pour refroidir des stations de relais remplies d'appareillages électroniques pour la téléphonie. Les puissances thermiques à évacuer sont importantes, de 30 à plus de 200 kW et relativement constantes au cours de l'année. Les rejets thermiques sont évacués directement dans l'air extérieur et/ou le terrain. Si la température de l'air extérieur est inférieure à 12° C, 100% des charges thermiques sont évacuées dans l'air. Par contre, si la température de l'air extérieur est supérieure à 18° C, alors 100% des rejets thermiques sont injectés dans le terrain. Entre 12 et 18° C, c'est une combinaison des deux qui est prévue. La température de l'air dans le local est maintenue à 25° C.



Refroidissement d'une station de relais de téléphonie (image Skanova, Suède)

Dans ces cabines, le chauffage n'est pas nécessaire et le système n'est prévu que pour le refroidissement. Comme le terrain dans la zone des sondes se réchauffe peu à peu, le dimensionnement de ces dernières est établi de manière à pouvoir évacuer la puissance de refroidissement pendant 10 ans au moins, durée pendant laquelle la prestation de froid doit être garantie.

Appliquée aux conditions présentes en Suisse, l'analyse d'une installation de 40 kW de refroidissement a montré que cette dernière peut être plus avantageuse qu'une installation de climatisation conventionnelle si la durée d'utilisation dépasse un nombre minimum d'années de fonctionnement. Le coût est très sensible à la géologie locale, aux conditions climatiques régionales et au prix de l'énergie électrique. Une plage de variation de 2 à 12 ans a été évaluée.

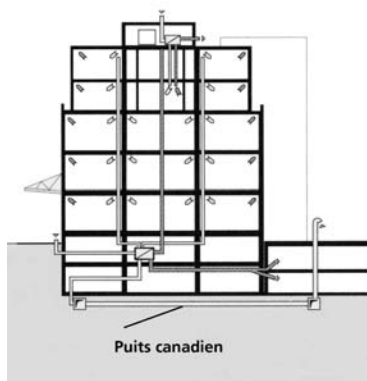
Performances thermiques par unité de longueur de sonde géothermique pour un relais de téléphonie

Sondes géothermiques	
Nombre	8 à 16
Longueur totale	1'200 à 2'400 m
Geocooling	
Puissance moyenne	15 à 30 W/m
Energie	20 à 50 kWh/m an
Chauffage	Pas de recharge dans ce cas

Bâtiment industriel et administratif Schwerzenbacherhof

Le geocooling est réalisé par un puits canadien intégré à l'immeuble industriel et administratif «Schwerzenbacherhof». Ce bâtiment se trouve à Schwerzenbach près de Zürich et possède un indice énergétique de chauffage de 144 MJ/m² pour 8'050 m² de planchers chauffés. Couplé à un récupérateur sur air vicié, le puits canadien n'est utilisé en hiver que lorsque la température extérieure chute en dessous de 7° C, avec un débit de renouvellement d'air de 0.6 volume/h. De même, il n'est utilisé en été que pendant les heures de bureau, lorsque la température grimpe au-dessus de 22° C, avec un taux de renouvellement d'air de 0.8 volume/h, soit un débit de 17'100 m³/h. Ce rafraîchissement est complété par de la ventilation nocturne.

Les performances thermiques du système ont été établies par une campagne de mesure de 24 mois. Sur les 700 heures d'été les plus chaudes pendant lesquelles le puits est activé, celui-ci rafraîchit le débit de ventilation diurne, pour un



Bâtiment Schwerzenbacherhof, coupe de l'immeuble et implantation du puits canadien (image AIE, Annexe 28, Low energy cooling)

rafraîchissement effectif du bâtiment de 13.4 MWh (5.7 MJ/m², soit 2.3 W/m² de plancher). Couplé à une ventilation nocturne directe, avec un taux de renouvellement d'air de 1.6 volume/h, le puits canadien parvient sur ces périodes de canicule à maintenir le bâtiment à une température moyenne très confortable de 24.7° C. La température de l'air intérieur ne dépasse les 26° C que pendant moins de 15% des heures, et elle reste toujours en dessous du seuil de tolérance de 28° C.

Données techniques du puits canadien de l'immeuble Schwerzenbacherhof

Nombre de tubes	43
Longueur totale	990 m
Diamètre	0.25 m
Entreaxe	1.16 m
Profondeur	0.75 m
Surface des tubes	780 m ²
Surface d'emprise	1'150 m ²

Bâtiment administratif Perret SA

Le siège administratif de la société Perret SA à Satory (Genève) possède une surface de planchers chauffés de 1'160 m² pour un volume d'environ 3'000 m³. Il est complètement chauffé et rafraîchi à l'air par le système de ventilation. A cet effet l'air neuf passe par une série de trois systèmes passifs:

- Amenée d'air souterraine, de la prise d'air vers le local de ventilation, qui fonctionne comme un échangeur air/sol (type puits canadien) de taille réduite ;
- Echangeur eau/sol situé à l'entrée du monobloc de ventilation, couplé au flux d'air via un échangeur air/eau et constitué de 10 boucles de tube PE de 100 m chacune posées sous la dalle du bâtiment ;
- Récupérateur de chaleur sur air vicié.

L'été, les deux échangeurs terrestres contribuent au rafraîchissement de l'air neuf. Le récupérateur sur air vicié est mis hors usage par un by-pass. Le débit d'air est fixé à 1'840 m³/h, correspondant à un taux de renouvellement de 0.6 vol/h.

Données techniques des échangeurs souterrains du bâtiment Perret SA

Puits canadien - échangeur air/sol	
Nombre de tubes	4
Longueur totale	40 m
Diamètre	0.25 m
Entreaxe	0.40 m
Profondeur	0.70 m
Surface des tubes	30 m ²
Surface d'emprise	35 m ²
Echangeur eau/sol	
Nombre de tubes	10
Longueur totale	1'000 m
Diamètre	28/32 mm
Entreaxe	0.30 m
Profondeur	0.45 m
Surface des tubes	88 m ²
Surface d'emprise	360 m ²
Débit d'eau	3'060 litre/h
Efficacité échangeur air/eau	60%

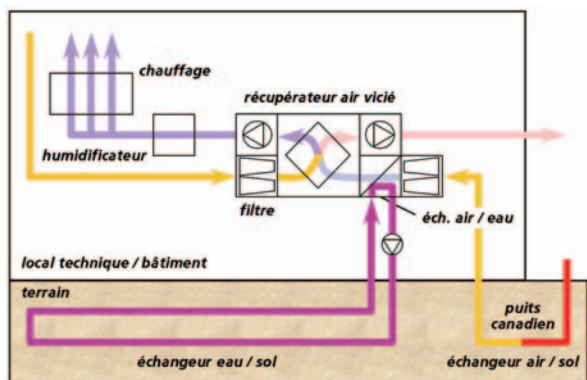


Schéma de principe du système de ventilation du Bâtiment Perret SA à Satigny en période estivale (schéma CUEPE)

Le potentiel des échangeurs terrestres concerne principalement l'été, pendant lequel ils amortissent les pointes de chaleur diurnes. Pendant les heures de canicule, lorsque la température excède les 26° C, l'air neuf ne dépasse pas les 22° C à la sortie de l'échangeur air/sol et 20° C à la sortie de l'échangeur air/eau/sol. Cela suffit à maintenir le bâtiment en dessous du seuil de confort cible de 26° C, ce qui met également en valeur la bonne enveloppe et l'inertie thermique efficace du bâtiment.

Manifestation

2 novembre 2005 :

16^e Journée technique de la SSG - Présentation de la Documentation SIA D 0190: Conception, réalisation et maintenance des géostructures énergétiques

Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

Renseignements : Secrétariat SSG, H. Rickenbacher

Tél. & Fax 032 341 45 65

svg-ssg@geothermal-energy.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

Interview

Michael Menzl

Haka Gerodur AG
Benken



Peut-on réaliser une installation de geocooling pour une villa familiale ou est-ce réservé aux grands bâtiments ?

M. M.: Un rafraîchissement par la géothermie n'est pas réservé aux grands bâtiments. Il est possible de rafraîchir en période estivale des maisons qui sont chauffées par la géothermie, et ceci à des coûts avantageux. Un équipement a posteriori est également possible.

Quels sont les critères principaux qui permettent de choisir entre des sondes géothermiques verticales ou des puits canadiens ?

M. M.: Une sonde géothermique verticale ne nécessite que très peu de place en surface, en comparaison d'un captage horizontal où l'on doit exécuter un terrassement important. De plus, une sonde géothermique verticale possède un rendement plus élevé (COP) et ne nécessite aucun entretien. Le captage horizontal (puits canadiens et apparentés) représente une bonne solution pour l'aération des appartements, par exemple dans des maisons Minergie®.

Le geocooling est-il économiquement avantageux par rapport à une installation de climatisation traditionnelle équipée d'une machine frigorifique ?

M. M.: Un rafraîchissement par la géothermie est naturellement avantageux par rapport à une climatisation traditionnelle. Ceci d'autant plus, si le chauffage fonctionne avec la même installation. Dans ce cas, le rafraîchissement est presque gratuit. Par contre, on ne peut pas comparer le geocooling avec une climatisation traditionnelle. En effet, avec une climatisation, on doit toujours atteindre une température de refroidissement fixe, ce qui n'est possible que sous certaines conditions pour une installation de geocooling.

Sélection sur Internet

Promotion de la géothermie en Suisse

www.geothermal-energy.ch/

Laboratoire d'énergie, écologie et d'économie,

Canobbio: www.lee.e.supsi.ch/

Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie, Univ. Genève, Carouge:

www.cuepe.ch/

Abonnement gratuit

Infos - Géothermie

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

Octobre 2005 / N° 10 Parait en français, allemand et italien

Edition

Société Suisse pour la Géothermie (SSG), Bienne

Rédaction

Daniel Pahud, LEEE-DACD-SUPSI, Canobbio
daniel.pahud@supsi.ch
Pierre Hollmüller, CUEPE, Université de Genève - pierre.hollmuller@cuepe.unige.ch
François-D. Vuataz, CREGE, c/o CHYN, Neuchâtel - francois.vuataz@crege.ch

Comité de rédaction

H. Gorhan, T. Kohl, T. Mégel, D. Pahud, L. Rybach, J. Wilhelm

Mise en page/ graphisme
S. Cattin, CREGE, c/o CHYN, NE

Impression
Cigheleto Sàrl, Neuchâtel

Infos - Géothermie
Impressum