



Géothermie

Critères d'analyse et de sélection des systèmes¹

Introduction

Dans *La Stratégie énergétique du Québec 2006-2015*, le gouvernement du Québec souhaite que soit évalué systématiquement le potentiel technico-économique de l'utilisation de la géothermie comme source de chauffage et de climatisation pour tout nouveau projet de construction ou de rénovation de système de chauffage des édifices gouvernementaux ou paragouvernementaux.

Pour ce faire, le gouvernement a mandaté l'Agence de l'efficacité énergétique (l'Agence) et la Société immobilière du Québec (SIQ) afin de développer les critères d'analyse et de sélection pour l'évaluation des projets.

Ce document s'adresse donc à tous les gestionnaires immobiliers des secteurs public et parapublic. Il vise à les guider pour qu'ils considèrent la géothermie lors de la rénovation des systèmes de chauffage de leur parc immobilier ou la conception de nouveaux bâtiments.

Contexte

La documentation technique disponible a été sommairement passée en revue. Les principaux documents consultés et qui sont d'intérêt, tels que *Les systèmes géothermiques commerciaux, guide de l'acheteur*, publié en 2002 par RETScreen[®] International, et l'étude du marché de la géothermie réalisée par Hydro-Québec en avril 2006, nous ont mené à conclure que cette documentation était suffisante. De plus, la Coalition canadienne de l'énergie géothermique fournit de la documentation, de la formation et une liste de concepteurs accrédités pour la conception et l'installation de systèmes de géothermie.

Compte tenu de l'ampleur de la documentation disponible, le présent document se veut un guide permettant de s'assurer que tous les éléments requis pour l'analyse et la sélection des systèmes de géothermie seront considérés.

Abréviations

ARI	Air-Conditioning and Refrigeration Institute
ASHRAE :	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CMNEB :	Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments
COP :	Coefficient of performance (Coefficient de performance)
EER :	Energy efficiency ratio (Taux de rendement énergétique)
GES :	Gaz à effet de serre
IPLV :	Integrated Part Load Value (Valeur intégrée à charge partielle (VICP))
VAN :	Valeur actuelle nette

¹ Ce document n'entraîne en rien la responsabilité de ses rédacteurs quant à l'exactitude des renseignements fournis.



Définitions

COP : utilisé pour exprimer, à sa charge nominale, l'efficacité des thermopompes; c'est le rapport entre l'énergie produite, en watt, et l'énergie fournie, également en watt.

EER : utilisé pour exprimer, à sa charge nominale, l'efficacité des thermopompes; c'est le rapport entre l'énergie produite, en BTU par heure, et l'énergie fournie, en watt. Le EER multiplié par 0,2931 donne le COP.

IPLV : utilisé pour exprimer l'efficacité moyenne d'un refroidisseur pour différentes charges partielles, comme défini par l'ARI.

Éléments d'analyse et de sélection

1. Types de bâtiments

1.1. Dimensions

La norme CAN/CSA-C448 SÉRIE-F02 (C2007) (Conception et installation des systèmes d'énergie du sol) regroupe les bâtiments en fonction de leurs dimensions afin de guider les concepteurs. On trouve en outre

- les habitations et petits bâtiments : max 1 400 m² (C448.2-02);
- les bâtiments commerciaux et institutionnels (C448.1-02).

1.2. Calcul des puissances requises – chauffage

Se référer à la dernière version de l'*ASHRAE Handbook – Fundamentals* et prévoir la proportion de la charge de chauffage à satisfaire par la géothermie et celle à satisfaire par le système conventionnel. Il n'est pas rentable de viser à satisfaire 100 % de la charge avec la géothermie, il faut plutôt considérer la charge maximale optimisant la rentabilité.

La charge maximale à satisfaire étant en chauffage, le choix du système se fera à partir de cette charge.

1.3. Calcul des puissances requises – climatisation

Se référer à la dernière version de l'*ASHRAE Handbook – Fundamentals* pour le calcul de la puissance. Se référer au chapitre 1, section 2, pour le dimensionnement de la géothermie.



2. Étude du site

2.1. Surface disponible

Toutes les surfaces doivent être considérées, tant celles sous le bâtiment que celles extérieures pour le stationnement ou gazonnées.

2.2. Types de sols

Dans tous les cas, une analyse exhaustive de la composition du sol doit être faite par un hydrogéologue afin d'évaluer les paramètres suivants :

- la température;
- la conductivité thermique;
- la diffusivité thermique;
- le mouvement d'eau souterraine;
- la présence de plans d'eau adjacents (marais, lac, rivière, etc.).

Pour plus de détails, se référer à la norme CAN/CSA-C448.1, section 6.

Pour un système en boucle ouverte, la disponibilité d'eau souterraine doit être vérifiée avec un puits d'essai.

Pour un système en boucle fermée, la conductivité du sol doit être vérifiée avec un puits d'essai.

3. Logiciels disponibles pour la géothermie

Les principaux sont :

- RETScreen, pour évaluer la rentabilité (www.retscreen.net);
- GS2000, pour la conception détaillée des boucles géothermiques (http://www.bcd.mcan.qc.ca/software_and_tools/g2000_f.asp);
- Ground Loop Design (www.geoclip.com/gld.html), pour la conception des boucles géothermiques.

Les fournisseurs d'équipements géothermiques offrent des analyses avec leurs propres logiciels. L'entreprise Elite Software ECA (www.elitesoft.com) offre elle aussi plusieurs logiciels en rapport avec la mécanique du bâtiment.



4. Choix de systèmes de géothermie

4.1. Types de systèmes

Il existe sept systèmes de géothermie :

- échangeur de chaleur souterrain vertical (boucle fermée);
- échangeur de chaleur souterrain horizontal (boucle fermée);
- système à eau souterraine (boucle ouverte);
- échangeur de chaleur immergé;
- échangeur de chaleur à eau de surface;
- échangeur de chaleur souterrain à détente directe (DX);
- système à colonnes.

4.2. Critères d'analyse et de sélection des types de systèmes

Pour chacun des types de systèmes mentionnés en 4.1, il faut considérer les éléments mentionnés ci-après.

4.2.1. Taux de charge à satisfaire avec la géothermie

Il est suggéré de satisfaire 100 % de la charge de climatisation ou au maximum 70 % de la charge de chauffage avec la géothermie. Ceci permet de minimiser le nombre de puits et de réduire les investissements. Si le nombre de puits requis pour le chauffage ne permet pas de satisfaire toute la charge de climatisation, il faut évaluer la rentabilité de combler la charge de climatisation manquante avec un système standard ou avec la géothermie.

4.2.2. Nombre de puits géothermiques requis ou surface requise

Il faut calculer le nombre de puits requis ou la surface requise en fonction des caractéristiques du sol et des charges à satisfaire. Il est recommandé que le professionnel utilise un logiciel permettant de calculer la capacité des sources géothermiques.

4.2.3. Surfaces de terrassement requises par rapport à celles disponibles

Il importe d'évaluer la surface requise afin que l'espacement entre les échangeurs soit suffisant soit pour diffuser la chaleur, soit pour rejeter l'eau sans contaminer les sources.

4.2.4. Coût

Chaque type de systèmes a ses avantages et ses inconvénients. Le professionnel et le client auront à déterminer le système le plus approprié pour le projet. Ils devront aussi considérer, dans l'analyse de coûts, l'espace nécessaire requis par les équipements de géothermie par rapport à l'espace requis par des systèmes standards de chauffage et de climatisation.

5. Choix des équipements

5.1. Thermopompes géothermiques

Il est important de considérer les éléments mentionnés ci-après pour bien choisir la thermopompe géothermique.

- Performance des thermopompes en terme de COP, de EER et d'IPLV
- Exigences du CMNEB, version la plus récente, quant aux performances minimales des thermopompes (tableau 5.2.13.1)
- Types de systèmes géothermiques possibles (voir tableau ci-après)

Type de systèmes	Échangeur côté bâtiment	Échangeur côté sol	Commentaires
Air/liquide	Air	Liquide	Système utilisant l'eau (avec ou sans antigel) pour extraire la chaleur du sol et chauffer l'air intérieur, ou pour rejeter dans le sol la chaleur provenant de l'air intérieur du bâtiment en mode de refroidissement.
Air/DX	Air	Réfrigérant	Comme pour le système air/liquide, mais raccordé à un échangeur à détente directe dans le sol.
Liquide/liquide	Liquide	Liquide	Système utilisant l'eau (avec ou sans antigel) pour extraire la chaleur du sol et chauffer le réseau d'eau intérieur, ou pour rejeter dans le sol la chaleur en mode de refroidissement.
Liquide /DX	Liquide	Réfrigérant	Comme pour le système liquide/liquide, mais raccordé à un échangeur à détente directe dans le sol.
DX/DX	Réfrigérant	Réfrigérant	Technologie européenne, très peu répandue, utilisant un échangeur à détente directe couplé à une dalle radiante qui sert d'échangeur côté bâtiment.

5.2. Pompes de circulation

Il est important de considérer l'efficacité des pompes et le débit variable.

5.3. Contrôle des performances

Il faut se doter d'un protocole de mesurage afin d'évaluer la performance du système géothermique (se référer au document *ANSI/ASHRAE Standard 105-2007, Standard Methods of Measuring, Expressing and Comparing Building Energy Performance* pour plus de détails.



6. Estimation des coûts d'investissement en fonction des sources d'énergie disponibles

6.1. Électricité

Il faut établir les coûts de fourniture et d'installation des équipements pour chauffer et climatiser seulement avec l'électricité.

6.2. Combustible fossile

Il faut établir les coûts de fourniture et d'installation des équipements pour chauffer en ayant recours au gaz naturel ou au mazout lorsque le gaz naturel n'est pas disponible. Il importe d'inclure les appareils électriques requis pour la climatisation.

6.3. Géothermie

Il faut établir les coûts de fourniture et d'installation des équipements, sans oublier les puits et les appareils d'appoint, pour chauffer et climatiser. Il importe aussi de considérer, lorsque le bâtiment est chauffé à l'électricité, que la géothermie réduit la puissance requise de la génératrice (et son coût) pour effectuer le chauffage en situation de panne électrique.

7. Critères de rentabilité

7.1. Établissement de la VAN de chaque solution en fonction du cycle de vie

Que ce soit pour des projets de constructions neuves ou de rénovations, le coût global sera la valeur actuelle des investissements initiaux, des coûts d'entretien et des coûts d'énergie pour toute la durée de vie de l'équipement. Ce calcul est fait pour chacune des sources d'énergie énumérées à l'article 6. Le projet ayant la VAN la plus élevée est retenu.

7.2. Établissement des émissions totales de GES en fonction du cycle de vie

À VAN égale, la solution dont les émissions de GES seront les plus faibles sera retenue.

8. Bibliographie

L'énergie pour construire le Québec de demain – La Stratégie énergétique du Québec 2006-2015, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 119 p., 2006,
<http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/energie/strategie/strategie-energetique-2006-2015.pdf>.

Les systèmes géothermiques commerciaux : guide de l'acheteur, Ressources naturelles Canada, 100 p., 2002, http://www.canren.gc.ca/prod_serv/index_f.asp?Cald=169&PgId=907.

2005 ASHRAE Handbook – Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 2005.