

Dévoilement des résultats du projet de démonstration de la géothermie à gaz naturel

C'est maintenant une solution de recharge. Une nouvelle technologie de thermopompe par absorption s'ajoute aux options des clients qui désirent accroître la performance énergétique de leurs bâtiments.

Les résultats du projet de démonstration sont disponibles après plus d'un an de mesurage en continu. C'est une technologie prometteuse car elle est la seule pouvant fournir des températures de chauffe supérieures à 45°C (115°F) en l'adaptant à la géothermie, mais également, la seule pouvant opérer en aérothermie à partir de températures extérieures allant jusqu'à -29°C.

La polyvalence du gaz naturel, pour lequel on atteint des niveaux d'efficacité de chauffage de 95 % en condensant les vapeurs d'eau de sa propre combustion, gagne donc de nouveaux sommets. Son efficacité atteint désormais des niveaux variant de 120 à 135 %.

Un succès pour la démonstration

Au printemps 2005, le Groupe DATECH de Gaz Métro a entrepris de démontrer commercialement la performance ainsi que la fiabilité de la géothermie à gaz naturel pour en faire une première en Amérique du Nord. En effet, la Firme d'ingénierie CIMA+ de Montréal a intégré à ses plans et devis une option de géothermie à gaz naturel pour la rénovation d'un des multiples bâtiments du complexe immobilier Benny Farm. Contrairement aux autres bâtiments du complexe, le 24 logements, qui appartient à la Société d'habitation et de développement de Montréal (SHDM), a bénéficié de cette option. Les coûts d'une telle implan-

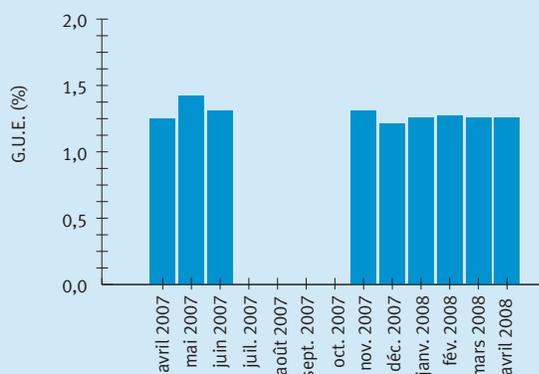
tation se sont élevés à 140 000 \$ pour cinq puits verticaux de 168 mètres et trois thermopompes de marque Robur d'une capacité unique de 38 kW (130 MBh) en chauffage et 18 kW (5 tonnes) en climatisation.

Le réseau initial d'eau de chauffage en fonte du bâtiment a été conservé pour plus de confort et parce qu'une température plus basse peut y être exploitée de manière efficace. La mise en marche des appareils s'est faite en mars 2007 et après plus d'un an de mesure, les résultats répondent aux attentes de fiabilité et d'efficacité.

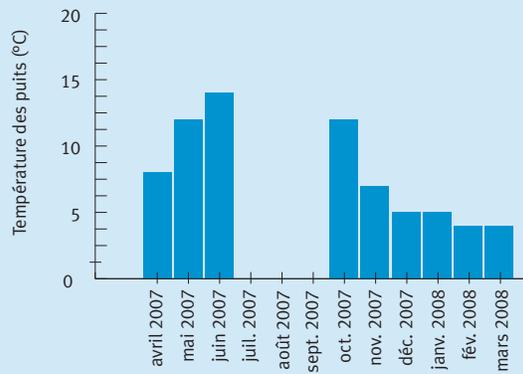
Un extrait des résultats d'efficacité mesurés mensuellement par le Centre des technologies gazières (CTGN) sont d'ailleurs dévoilés ci-après. Ceux-ci corroborent les spécifications du manufacturier (G.U.E. s'apparente à COP). Notez que comme dans tout projet de géothermie, l'efficacité varie en fonction des températures des puits (évaporateur) et des températures de chauffage (condenseur). L'exactitude physique

EXTRAITS DES RÉSULTATS DU CENTRE DES TECHNOLOGIES DU GAZ NATUREL (CTGN)
PROJET DE DÉMONSTRATION – 24 LOGEMENTS SHDM

EFFICACITÉ ANNUELLE DES POMPES À ABSORPTION
(G.U.E. = gas utilization efficiency)



ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE DES PUIITS
(Retour du mélange propylène-glycol)



SCÉNARIO 1 : COMPARATIF THÉORIQUE DE DIFFÉRENTES OPTIONS RELIÉES
À UN PROJET AVEC PLANCHERS RADIANTS À L'EAU CHAUDE
(T° d'entrée à l'évaporateur = 5 °C; T° de sortie au condenseur = 46 °C (115 °F))

Volume de base pour une installation standard Bâtiment chauffé avec appareils conventionnels (75 % efficacité) – Volume de référence 52 800 m ³ /an ou 28456\$/an (2000 Gj/an) à 20 % d'ECD		
Chaudière à condensation	Géothermie électrique	Géothermie à gaz naturel
<ul style="list-style-type: none"> → Chauffage au gaz à 100 % → Avec chaudière à 94 % d'efficacité → Volume prévu de 42 130 m³/an @ 54,6 ¢/m³ → = 23 003 \$/an → (1596 Gj) 	<ul style="list-style-type: none"> → Géothermie électrique (COP de 2,5) → Avec appoint gaz et ECD 94 % eff. → 120 050 kWh/an pour 90 % chauffage de l'enveloppe @ 7 ¢/kWh 11 795 m³/an @ 59 ¢/m³ (ECD + 10 % chauffage de l'enveloppe) → = 15 363 \$/an → (879 Gj) 	<ul style="list-style-type: none"> → Géothermie à gaz → Aucun appoint → 29 333 m³/an @ 55,7 ¢/m³ → = 16 338 \$/an économie annuelle VS volume de référence 12 118 \$ ou 888 Gj → (1111 Gj/an)

quant à la possibilité d'obtenir une température de 60 °C (140 °F) à l'évaporateur a également pu être vérifiée.

Scénarios d'application comparatifs

Deux scénarios théoriques des besoins en chauffage de ce 24 logements ont été simulés à des fins comparatives, soit : un réseau pour planchers radiants à eau chaude (basse température) et un réseau caloporteur en fonte (température moyenne). Pour chacun des scénarios, trois technologies ont été évaluées en fonction d'une installation standard de chauffage afin de définir le coût énergétique des différentes possibilités.

SCÉNARIO 2 : COMPARATIF THÉORIQUE DE DIFFÉRENTES OPTIONS RELIÉES
À UN PROJET AVEC RÉSEAU CALOPORTEUR EN FONTE (PROJET DE DÉMO)
(T° d'entrée à l'évaporateur = 5 °C; T° de sortie au condenseur = 60 °C (140 °F)*

Volume de base pour une installation standard Bâtiment chauffé avec appareils conventionnels (75 % efficacité) – Volume de référence 52 800 m ³ /an (2000 Gj/an) à 20 % d'ECD		
Chaudière à condensation	Géothermie électrique	Géothermie à gaz naturel
<ul style="list-style-type: none"> → Chauffage au gaz à 100 % → Avec chaudière à 90 % d'efficacité → Volume prévu de 44 000 m³/an @ 54,6 ¢/m³ → = 24 024 \$/an → (1667 Gj) 	<p>INACCESSIBLE POUR CES TEMPÉRATURES</p>	<ul style="list-style-type: none"> → Géothermie à gaz → Aucun appoint (123%) → 32 195 m³/an @ 55,7 ¢/m³ → = 17 932 \$/an économie annuelle VS volume de référence 10 524 \$ ou 780 Gj → (1282 Gj/an)

* Notez que la température moyenne de la boucle de chauffage du bâtiment lors du mesurage était de 120 °F, mais que théoriquement elle pourrait être à 140 °F



Une technologie performante pour la modernisation de bâtiments existants

La plupart du temps, les systèmes de chauffage à l'eau chaude des bâtiments existants n'opèrent pas à basse température, comme dans le cas des planchers radiants. Les températures de conception varient de 50 °C (120 °F) à 90 °C (200 °F) à l'alimentation. Or, la température d'alimentation des pompes géothermiques électriques est rarement plus élevée que 45 °C (115 °F). Au-delà de cette température, la durée de vie des compresseurs géothermiques s'amenuise très rapidement. De fait, à une température d'alimentation de plus de 45 °C (115 °F) et à une température de puits de 1 °C (35 °F), on peut avoir de mauvaises surprises, car de très grandes tensions mécaniques sont exercées sur le compresseur. Ce qui n'est pas le cas avec la technologie par absorption à gaz naturel.

En climatisation, la thermopompe par absorption est moins performante que la thermopompe électrique. Or, dans le cadre d'une modernisation d'un système de chauffage d'un bâtiment existant, l'option de déshumidifier uniquement l'air neuf en période de canicule pourrait s'avérer une solution de climatisation peu coûteuse et efficace, en stockant l'énergie dans le sol l'été pour la réutiliser en géothermie l'hiver. D'ailleurs, dans le contexte de la bonne énergie à la bonne place, il n'est pas inter-



AVANTAGES DE LA GÉOTHERMIE À GAZ	AVANTAGES DE L'AÉROTHERMIE À GAZ
<ul style="list-style-type: none"> → Énergie « partiellement » renouvelable (réduction importante de la consommation usuelle); → Température du sol constante vs air ambiant pour les thermopompes; → Efficacité annuelle variant de 120 à 130%; → Coûts d'installation moins élevés en forage que la technologie par compression; → Températures d'alimentation variant de 37°C à 60°C (100°F à 140 °F) 	<ul style="list-style-type: none"> → La thermopompe par absorption air/eau peut fonctionner jusqu'à des températures extérieures de -29°C (certifiée CSA); → L'efficacité annuelle est de plus de 105% sans aucun appoint nécessaire; → Aucun forage nécessaire (utilisation de la chaleur de l'air ambiant) donc les investissements sont nettement moins élevés → Températures d'alimentation variant de 37°C à 60°C (100°F à 140 °F)

dit de penser que la climatisation puisse se faire avec la technologie électrique, et le chauffage, avec la technologie de thermopompe par absorption à gaz naturel, le tout par le biais de puits géothermiques communs aux deux technologies. (CF. *Revue Gaz Québec*, Automne 2007 et *La Maîtrise de l'Énergie*, Mars 2008).

En outre, étant donné son COP plus faible, il a été estimé que la géothermie à gaz naturel nécessite un bassin terrestre de 40% moins important que dans le cas de la géothermie conventionnelle, et ce, pour des besoins identiques en chauffage. Ceci peut

donc s'avérer une solution de compromis quant à l'investissement des puits de forage.

En conclusion, il est intéressant de savoir que des unités peuvent aussi être installées autant à l'intérieur qu'à l'extérieur, mais cette fois, en employant comme bassin thermique l'air au lieu du sol. Ce sont en fait des unités adaptées en thermopompes (voir image ci-dessus). Comme les PAC par absorption ne comportent pas de compresseur mécanique, elles peuvent supporter des températures extrêmes et donc être en mesure de fonctionner jusqu'à -29°C. Ceci contraste avec les thermopom-

pes air/air usuelles qui fonctionnent jusqu'à -5 °C. Ces unités air/eau peuvent également chauffer de l'eau à 60°C (140°F).

Enfin, les thermopompes par absorption de type eau/eau peuvent très bien être utilisées dans tout projet de récupération de chaleur industrielle ou commerciale.

Sébastien Lajoie, ing. CEM
Conseiller technique
Groupe DATECH

Une approche systémique qui rapporte

Comptabiliser où va chaque dollar dépensé en énergie est essentiel pour toute entreprise; il est aussi important de savoir quelles sont les bases de comparaison de ces coûts et de connaître les raisons des écarts lorsqu'ils s'en présentent. Le MT&R, ou Energy Monitoring, Targeting and Reporting, est une méthode de gestion très performante qui permet d'optimiser l'utilisation de l'énergie.

Qu'est-ce que le MT&R ?

Le MT&R permet une analyse historique des performances énergétiques d'un bâtiment ou d'un procédé. Cette technique est de plus en plus appliquée en Amérique du Nord. Avec les données recueillies, le ges-

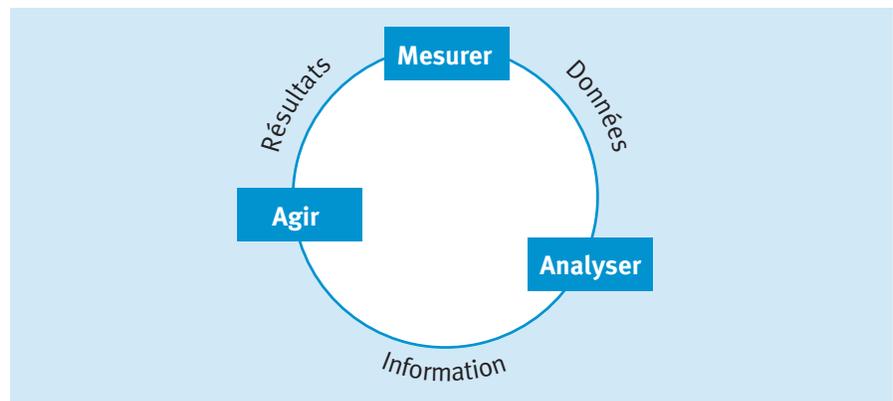


Figure 1. Le cycle du MT&R

tionnaire peut établir des objectifs de réduction de consommation, contrôler la performance énergétique, et ainsi établir un budget ou des actions futures. Le fait de mettre en place un système de suivi rapproché et actif de tout ce qui a trait à la consommation d'énergie d'une entreprise

peut engendrer des économies variant de 5 à 15%.

Le MT&R devrait être perçu comme un cycle de mesures, d'analyses et d'actions, tel qu'illustré à la figure 1.

Les étapes à suivre

Pour réussir un processus MT&R et en tirer le maximum d'avantages, voici les étapes cruciales à respecter :

- Mesurer la consommation d'énergie et recueillir des données sur les différentes variables, à travers le temps et selon une fréquence préétablie ;
- Établir un modèle de performance énergétique, c'est-à-dire définir les relations entre les variables indépendantes et la consommation d'énergie ;
- Réaliser une analyse historique des performances énergétiques et utiliser la courbe pour les besoins futurs. Le CUSUM (*Cumulative Sum of Differences*) est une analyse fonctionnelle permettant d'établir cette courbe et est définie dans cet article ;
- Définir les objectifs de réduction et établir un plan d'action pour s'assurer d'atteindre les objectifs ;
- Assurer le suivi des résultats.

Le CUSUM : une modélisation efficace

Dans le cadre de la mise en œuvre d'un MT&R, le CUSUM permet de faire un suivi rigoureux des écarts entre le modèle de performance énergétique défini au départ et la consommation réelle mesurée, et ce, selon une fréquence préétablie. Ceci mettra en lumière les écarts pour que le gestionnaire puisse orienter ses actions.

Pour établir un CUSUM efficace, il est primordial d'utiliser une unité de mesure d'énergie physique (MJ, m³, litre, kW-h, etc.), car elle est fixe dans le temps. Bien que l'objectif soit de réduire les coûts, les dollars ne sont pas une unité fiable pour comparer la consommation énergétique dans le temps.

Les données d'une usine de transformation alimentaire permettront d'illustrer le CUSUM. Le gestionnaire de cette installation a d'abord déterminé une variable : la

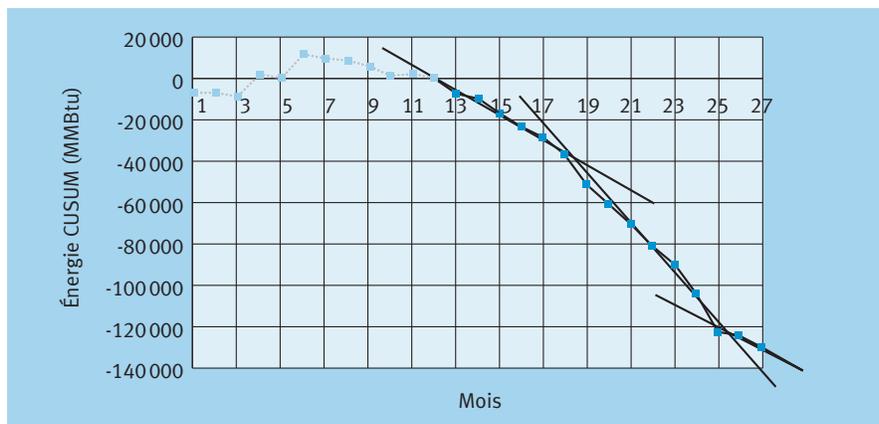


Figure 2. Tendances du CUSUM

production en livres. La première étape est la définition d'un modèle de performance énergétique. Comme il est démontré dans le graphique ci-dessus, les 12 premiers mois de consommation et de production d'un historique de 27 mois servent de modèle de performance. Lors de cette période, aucune mesure d'économie d'énergie n'avait été implantée. L'équation du modèle de base se traduit par $y = 2,0078x + 64\,966$. La pente, 2,0078, représente l'augmentation de la consommation d'énergie par livre produite. La constante 64 966 représente la consommation d'énergie indépendante de la production. Un relevé des consommations d'énergie ainsi que de production a été fait mensuellement tout au long du processus.

Le CUSUM se construit à partir de la somme des écarts entre le modèle de performance énergétique et les données recueillies mensuellement. Le CUSUM est donc la somme de toutes les différences à chacune des périodes. Le graphique du CUSUM est tracé en fonction des périodes analysées, comme on peut le voir à la figure 2.

Ce graphique met en lumière les changements dans la performance énergétique à tous les points où il y a une modification à la pente. Ainsi, une pente descendante indique des économies, et une pente ascendante indique une augmentation du taux de consommation. Par exemple, à partir du treizième mois, des mesures d'économie

d'énergie ont été implantées car la pente de la courbe change. Au total, pour la période analysée, environ 130 000 MM Btu ont été économisés par rapport à ce qu'aurait été la consommation selon le modèle de base.

Selon les différentes lectures du graphique du CUSUM, le gestionnaire adapte son MT&R et s'assure de l'atteinte de ses objectifs d'économie d'énergie. Cette technique d'administration de l'énergie dans un bâtiment ou un procédé est un cycle en constante évolution, mais surtout extrêmement profitable. En résumé, pour optimiser la performance énergétique, il faut d'abord connaître l'état actuel de la consommation d'énergie à l'aide d'un outil tel que le CUSUM et ensuite, définir les objectifs et les actions à prendre pour améliorer la situation et valider par la suite l'atteinte des objectifs.

Marie-Joëlle Lainé, ing.
Conseillère technique
Groupe DATECH

Référence :
Guide to Energy Management, 5^e Édition,
Barney L. Capehart, Wayne C. Turner and William J. Kennedy, Chapitre 1. Note : Cet article est une traduction libre d'un extrait de la section 1.7 écrit par M. Doug Tripp, ing., directeur exécutif, Canadian Institute Energy Training, et M. Stephen Dixon, président, TdS Dixon Inc.

L'informa-TECH est une publication du Groupe DATECH de Gaz Métro et vous est offerte gratuitement. Si vous désirez de plus amples informations au sujet du contenu des articles, communiquez avec : Marc Beauchemin, ing., CEM, au 514 598-3897.

Ce bulletin, publié trois fois par année, se veut un outil d'information à la fine pointe des nouveaux développements en technologie gazière. Afin d'atteindre cet objectif, nous y faisons notamment le compte rendu de projets de recherche ou de démonstrations réalisés par Gaz Métro et ses partenaires. L'informa-TECH est accessible sur Internet au www.gazmetro.com/informa-tech.

Available in English on request.

Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Québec ISSN-0832-901X
Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Canada