

# Production de chaleur efficace avec une pompe à chaleur à gaz



- Stockage saisonnier souterrain de la chaleur
- Absorbeur solaire en asphalte
- Economie de gaz de 30 à 35%
- Indice énergétique total très bas



Le programme Energie 2000:  
Un partenariat à effet durable.  
Préparons l'avenir, avec toute notre énergie.

## ENERGIE INNOVATION

Solutions exemplaires

### SITUATION

La salle polyvalente de Cortaillod est située à 500 m d'altitude sur un plateau qui domine le lac de Neuchâtel. Durant la période de chauffage, la température extérieure moyenne est de 4 °C. L'été est chaud et ensoleillé.

### CONCEPT

Un capteur solaire en asphalte sert à la recharge estivale de 7 sondes en terre alimentant une pompe à chaleur électrique, elle-même couplée avec une génératrice électrique à gaz (TOTEM), équipée en récupération de chaleur. Une chaudière à condensation à gaz sert d'appoint pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

### UTILITES

On ne fait fonctionner la pompe à chaleur que si on a produit l'énergie électrique nécessaire avec le TOTEM. L'apport thermique du capteur permet de maintenir la température du stock au-dessus de +1 °C lors des demandes les plus fortes; l'été, il rétablit le cycle naturel de la température dans le sol.

### MESURES

La présence d'un système de mesures sur l'installation de production de chaleur a permis d'affiner les paramètres de régulation, et de mieux comprendre le comportement des différents composants de l'installation.

### COUTS

Les frais financiers entraînent un coût élevé de l'énergie thermique, dont le prix de revient est ici de Fr. 0,31/kWh au lieu de Fr. 0,16/kWh pour une installation classique.

### IMPORTANCE

L'utilisation de l'énergie solaire pour la recharge estivale de sondes terrestres permet d'améliorer significativement le coefficient de performance moyen des pompes à chaleur électriques.

### MAITRE DE L'OUVRAGE

Commune de Cortaillod, 2016 Cortaillod

La salle polyvalente Cortagora a été mise en service au printemps 1990. Elle sert en semaine de salle de gymnastique: aux écoliers de Cortailod dans la journée, à diverses associations sportives le soir. Le week-end, elle peut accueillir jusqu'à 1000 personnes pour des tournois ou spectacles (environ 60 par an). Son volume SIA est de 16 500 m<sup>3</sup> et sa surface chauffée de 2387 m<sup>2</sup>. Elle comprend aussi divers locaux de société. Sa hauteur de plafond moyenne est de 5,50 m; elle atteint 11,25 m au centre de la salle.

Le bâtiment a été conçu et réalisé de façon très soignée. L'isolation et la qualité des vitrages ont bénéficié d'une attention particulière: les murs doubles ont 10 cm d'isolant, la toiture 12 cm, et les fenêtres sont munies de verres sélectifs. Le coefficient k moyen du bâtiment vaut 0,40 W/m<sup>2</sup> K. La ventilation est assurée par quatre monoblocs équipés de récupérateurs rotatifs. La régulation de la température des locaux est assurée par des optimiseurs selon les heures d'occupation.

L'absorbeur solaire coulé en asphalte, d'une surface de captage de 100 m<sup>2</sup>, a été posé sous l'esplanade du bâtiment. Les 7 sondes terrestres, d'une longueur de 65 m, sont placées en ligne, elles aussi, devant le bâtiment, dans un terrain morainique pratiquement saturé.

Depuis le printemps 1995, l'installation de Cortagora assure aussi le besoin de chaleur des locaux administratifs de Cortailod, situés à 200 m, grâce à une conduite à distance.

L'originalité de l'installation tient dans le fait qu'elle est alimentée en chaleur par une pompe à chaleur à gaz (PAC gaz) constituée de deux éléments distincts:

- un générateur électrique alimenté au gaz (TOTEM);
- une pompe à chaleur électrique de 45 kW thermiques.

Le générateur se compose d'un moteur de 1600 cm<sup>3</sup> dont on récupère la chaleur et d'une génératrice électrique de 15 kWe. TOTEM et pompe à chaleur à gaz fonctionnant toujours simultanément, on est bien en présence d'une pompe à chaleur à gaz. La source de chaleur de la pompe à chaleur électrique est constituée de 7 sondes en terre et d'un capteur solaire coulé en asphalte, qui sert également à la recharge estivale des sondes.

Une chaudière à condensation à gaz intervient en appoint pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire.

Un automate programmable, programmé selon l'organigramme fourni par l'ingénieur-conseil, assure la gestion de l'ensemble.

La chaleur produite alimente 3 groupes de chauffage-sol (45–35 °C), un groupe de chauffage par radiateur (50–30 °C), et 4 monoblocs de ventilation (50–30 °C). Deux accumulateurs d'eau de chauffage de 1200 l et un accumulateur d'eau chaude sanitaire de 1600 l permettent une gestion optimisée de la production de chaleur.

Le capteur solaire, constitué d'un réseau de tubes de cuivre noyés dans l'asphalte, a un rendement annuel de 28%, ce qui correspond à une production de 33 000 kWh ou 330 kWh/m<sup>2</sup>. Il permet de maintenir la source de chaleur à une température élevée, ce qui conduit à un coefficient de performance annuel moyen (COP) de la PAC électrique de 3,4.

L'analyse du bilan énergétique montre que 22% de l'énergie produite annuellement par le capteur est utilisée en direct sur la PAC. D'octobre à mars, c'est pratiquement la totalité de la production du capteur qui est utilisée en direct sur la PAC, qui ne participe donc pas à la recharge du stock.

D'avril à septembre, le capteur réinjecte au stock en terre l'équivalent de la chaleur prise dans le sol d'octobre à mars. Le système joue bien le rôle d'accumulateur saisonnier, et limite ainsi une baisse de la température du sol comme c'est le cas pour les installations sans recharge.

Le COP moyen de la PAC gaz est de 1,5, ce qui représente une amélioration du rendement de 60%, comparé à une chaudière à condensation dont le rendement est de 90% (sur PCS). Le rendement global de la production de chaleur s'élève à 126% (sur PCS), ce qui représente une économie de gaz de 6000m<sup>3</sup>/an – soit 30 à 35% – par rapport à une chaudière à condensation utilisée comme unique producteur de chaleur.

## DONNEES TECHNIQUES

Volume SIA	16 500 m <sup>3</sup>
Rendement du capteur solaire en asphalte	28%
COP PAC électrique	3,4
Rendement thermique TOTEM (sur PCS)	70%
COP PAC gaz (sur PCS)	150%
Rendement chaudière d'appoint (sur PCS)	77%
Indice énergétique thermique (sur PCS)	187 MJ/m <sup>2</sup> an
Indice énergétique électricité	87 MJ/m <sup>2</sup> an
Indice énergétique total	274 MJ/m <sup>2</sup> an

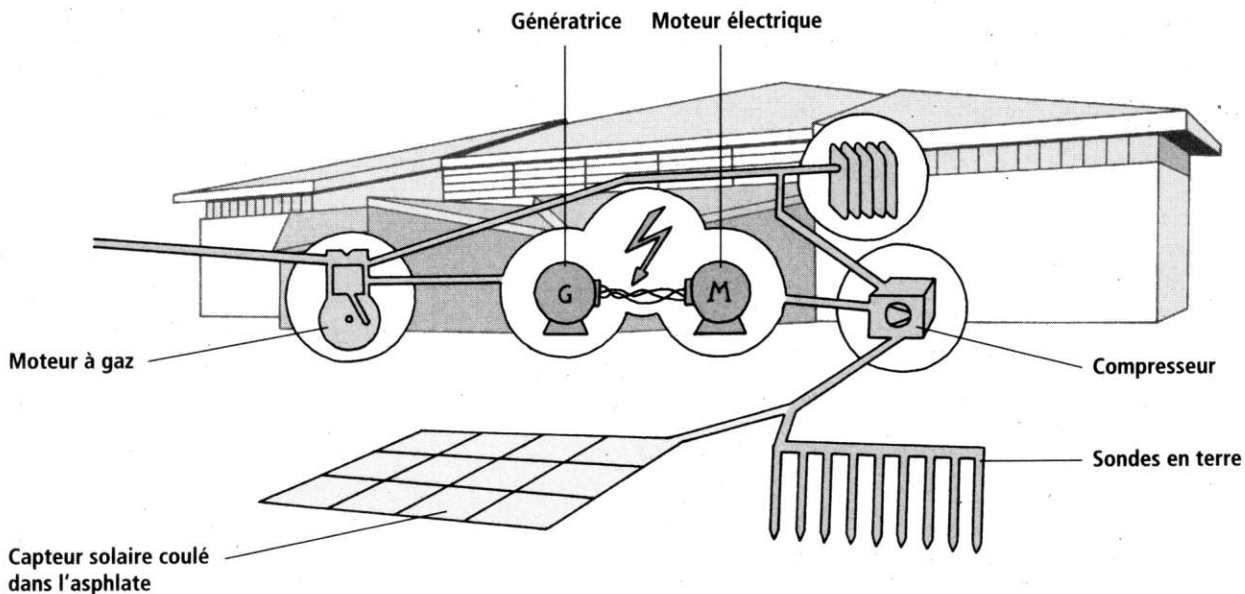
Au plan de la pollution de l'air par les gaz de combustion, on obtient un bilan positif pour le CO<sub>2</sub>: on réalise une économie de pollution de 33% sur un système conventionnel. Dans le cas des oxydes d'azote, on parvient à une atténuation de 19%. Par contre, l'excès d'air nécessité par le fonctionnement du moteur conduit à produire 15 fois plus de monoxyde de carbone rapidement éliminé dans l'environnement.

Le projet de mesure a été financé par l'Office fédéral de l'énergie dans le cadre du programme de recherche «Energie solaire et stockage». Le système de mesure a permis de mieux connaître le comportement énergétique des différents éléments du système et d'affiner leurs paramètres de régulation. Le seul fait par exemple d'abaisser le paramètre d'enclenchement du capteur de 20 °C à 17 °C procure une économie de gaz annuelle de 630 m<sup>3</sup>.

Ces mesures mettent en évidence des indices énergétiques et demandes d'énergie du bâtiment très en-dessous des valeurs-cibles SIA pour les établissements scolaires, qui n'ont été rendu possibles que grâce à la qualité d'exécution du bâtiment et de ses installations, ainsi qu'à leur suivi étroit. Un concierge motivé par une gestion économique de l'énergie est aussi une des conditions principales qui contribuent à maintenir un indice aussi faible.

Les frais financiers pour la totalité de l'installation de chauffage (intéret 5%, amortissement sur 15 ans, annuité de 9,63%) s'élèvent à 43 869 Fr./an contre 10 400 Fr./an pour une installation conventionnelle. Le prix du gaz est de 5,6 ct./kWh. La différence du prix de revient de l'énergie thermique est de +15 ct. par rapport à une installation conventionnelle. Les investissements, y compris les frais d'ingénieurs, de l'installation complète de production de chaleur de Cortagora, s'élèvent à 343 000 Fr. (prix 1988). Le prix de revient de l'énergie au bornes du collecteur distributeur de Cortagora est de 31 ct./kWh. Il serait de 16 ct./kWh pour une installation conventionnelle. Considérer toutefois qu'il s'agit d'une installation pilote. En accroissant les temps de fonctionnement de la PAC gaz à 2500 h/an, le prix de la chaleur produite serait de 22 ct./kWh. Le prix modeste du capteur en asphalte présente un rapport investissement/production très intéressant de 1 Fr./kWh an, comparé à une installation avec absorbeurs sans vitrages (1,50 Fr./kWh an) ou avec capteurs standard (1,80 Fr./kWh an).

**La chaîne d'éléments – PAC gaz, sondes en terre, capteur solaire – procure à la salle polyvalente Cortagora une économie de gaz de 6000 m<sup>3</sup>/an.**



L'analyse du bilan énergétique montre qu'un certain nombre d'instruments de mesure sont indispensables pour la régulation et l'exploitation optimale d'une installation complexe et importante comme celle de Cortaillod.

Le capteur solaire coulé en asphalte se révèle être un moyen parfaitement adapté à la recharge de sondes en terre, dont il maintient en tous temps la température du stock en dessus de +1 °C. A long terme, il évite le refroidissement du sol, que l'on constate dès la deuxième année d'exploitation avec des installations sans recharge. Une cascade d'éléments – moteur, PAC électrique, sondes en terre, capteur solaire – conduit à une utilisation noble du gaz, elle-même associée à une très basse demande d'énergie du bâtiment. Ces différents facteurs concourent à faire de l'installation de chauffage de la salle polyvalente Cortagora une réalisation originale et performante.

#### Solutions exemplaires

La série de publications «solutions exemplaires» montre des bâtiments, des installations, des produits et des systèmes qui utilisent de l'énergie renouvelable ou consomment l'énergie de manière rationnelle. Tous les systèmes et technologies décrits dans ces brochures sont à la pointe de la technique et disponibles sur le marché.

Les immeubles et installations présentés peuvent servir d'exemples à de nombreux bâtiments. Les «solutions exemplaires» informent tous ceux qui ont à rénover ou à construire un bâtiment.

## ADRESSES

- Maître de l'ouvrage:  
Commune de Cortaillod,  
2016 Cortaillod
- Architectes:  
D. Marti et M. Bader, 2016 Cortaillod
- Ingénieur chauffage, ventilation  
et conception énergétique:  
Ingénieurs-Conseils SA, Bernard  
Matthey, 2205 Montezillon
- Installateur chauffage:  
Bernard Pillonel, En Segrin 1,  
2016 Cortaillod

## BIBLIOGRAPHIE

- Bernard Matthey: Analyse du bilan énergétique de l'installation héliogéothermique de la salle polyvalente de Cortaillod/NE. Rapport final, 1993 (inédit).
- Bernard Matthey: Thermal Balance of an Heliogeoheating Plant for an Administration Building with Vertical Boreholes and Seasonal Recharge Solarstock. Espoo, Finland, 1994.
- Jean Christophe Hadorn: Guide du stockage saisonnier. Document SIA D 028-229, 1988.

### Energie 2000

L'utilisation rationnelle et économe de l'énergie ainsi que la promotion des énergies renouvelables sont les buts clairement définis du programme Energie 2000. Il y a volonté d'atteindre ces buts par des initiatives privées d'une part et par l'amélioration des conditions-cadre d'autre part. Energie 2000 se compose de huit secteurs de marché correspondant aux domaines-cibles. Ces domaines sont: Collectivités publiques, Immobilier, Industrie, Arts et métiers, Services, Hôpitaux, Carburants et Energies renouvelables.

### Energies renouvelables

Le secteur «énergies renouvelables» encourage l'utilisation des sources d'énergie renouvelable dont en particulier: la biomasse (bois, déchets organiques), la chaleur de l'environnement (au moyen de pompes à chaleur) et l'énergie solaire (thermique actif et photovoltaïque). Le secteur «énergies renouvelables» soutient trois organisations de promotion (le Groupement promotionnel Suisse pour les pompes à chaleur, Swissolar et l'Association suisse pour l'énergie du bois), coordonne les actions de lancement dans les principaux secteurs de marché par des réalisations importantes et offre ses services pour de nouveaux secteurs. Secteur «énergies renouvelables», c/o Dr. Eicher + Pauli AG, Kasernenstrasse 21, 4410 Liestal.

### Collectivités publiques

Le secteur «collectivités publiques» soutient les efforts et renforce l'impact des actions menées par les communes, les cantons et la Confédération. L'échange d'expériences entre les autorités à tous les niveaux est encouragé. Pour les communes, le planning énergétique, l'exploitation des bâtiments publics, la mise en place de mesures d'économie d'énergie et l'information du public peuvent être subventionnés. Secteur «collectivités publiques», c/o TSR Tschärner AG, Bellerivestrasse 42, 8034 Zurich; c/o C. U. Brunner, Lindenhofstrasse 15, 8001 Zurich.

## INFOENERGIE

Sous le sigle INFOENERGIE sont regroupés, sur le plan fédéral, des centres communaux et régionaux d'information et de conseil en matière d'énergie.

### Conseils en matière d'énergie à votre porte

Les centres d'information cantonaux sur l'énergie en Suisse romande et les 75 centres en Suisse allemande conseillent le grand public sur toutes les questions d'énergie: isolation des bâtiments, chauffage, ventilation, climatisation, nouvelles techniques (couplage chaleur-force; pompes à chaleur) et énergies renouvelables (énergie solaire, bois, biomasse). La liste complète de ces centres d'information et de conseil est à disposition à INFOENERGIE.

INFOENERGIE Mittelland, Postfach 310, 5201 Brugg, Tel. 056 441 60 80, Fax 056 441 20 15  
 INFOENERGIE Nordostschweiz, c/o FAT, 8356 Tänikon, Tel. 052 62 34 85, Fax 052 62 34 89  
 INFOENERGIA Ticino, c/o Dipartimento del Territorio, 6501 Bellinzona, Tel. 092 24 37 55, Fax 092 24 37 36  
 INFOENERGIE, c/o Service de l'Énergie, Tivoli 16, 2003 Neuchâtel, Tél. 038 39 47 26, Fax 038 39 60 60