

SANDEN a décidé de mener la même démarche en l'appliquant au domaine des pompes à chaleur double service: pourquoi optimiser un produit seulement pour le chauffage, alors que les bâtis sont de mieux en mieux isolés et donc utilisent de moins en moins la fonction chauffage? C'est pour cette raison que la première solution combinée chauffage et ECS au CO₂ de SANDEN propose des performances en mode chauffage tout à fait satisfaisantes, mais surtout les associe à un rendement exceptionnel sur

la fonction eau chaude sanitaire. Cette approche innovante permet de générer des économies bien supérieures aux solutions standard.

Cette dernière "option chauffage" prouve ainsi que la technologie CO₂ répond parfaitement aux besoins du marché d'aujourd'hui et de demain. Chez SANDEN, la porte reste grande ouverte au développement d'autres solutions utilisant ce réfrigérant naturel. Selon M. Houry, "il n'y a pas de réfrigérant idéal puisque le choix dépend princi-

palement de l'application, mais le CO₂, armé de ses propriétés thermophysiques exceptionnelles, permet de couvrir une large plage de conditions et différents écarts de température entre les sources chaudes et froides. Pour les applications domestiques (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, etc.), les systèmes au CO₂ montrent sur le terrain leur suprématie en termes de performance, de compacité et de confort acoustique par rapport aux réfrigérants classiques." ■ 58-811

Centre aqualudique de Moulins Coût de maintenance d'une PAC géothermale sur nappe phréatique

Le centre aqualudique de Moulins est équipé d'une PAC géothermale sur nappe phréatique qui assure le chauffage et la déshumidification. EDF R&D assure le suivi énergétique de cette installation particulièrement performante. Entre 2008 et 2012, la PAC a produit (en moyenne) 3311 MWh ch/an pour un coût moyen de 21,50 €/MWh chaud. Le coût de la maintenance représente une augmentation de coût du MWh chaud de 6 %, soit 1,29 €/MWh chaud produit.

Caractéristiques techniques du site

Bilan moyenne 2008-2012:
des performances excellentes

Un coût de maintenance très faible

Par J. Naveteur, EDF R&D,
J.-P. Thierry, communauté
d'agglomérations de Moulins,
A. Rousset et V. Torri,
EDF Branche commerce

La communauté d'agglomération de Moulins a construit un centre aqualudique à Moulins (► **photo 1**). L'eau, avec la présence de l'Allier, est un élément de vie au cœur de la communauté d'agglomérations. Celle-ci a donc décidé d'utiliser une PAC géothermale sur nappe phréatique pour assurer les besoins en chaud et déshumidification du site. EDF R&D a assuré l'AMO énergétique de ce site et en assure le suivi énergétique depuis la mise en service en octobre 2007.

Caractéristiques techniques du site

Le centre aqualudique comprend pour la partie couverte:

- > un bassin sportif (surface: 510 m², volume: 1200 m³ ► **photo 2**);
- > un bassin d'initiation (surface: 200 m², volume: 180 m³);
- > une pataugeoire (surface: 77 m², volume: 15 m³);
- > un bassin de loisirs (surface 150 m², volume: 142 m³);
- > un spa (surface: 8 m²).

La surface totale intérieure est donc de 945 m² et le volume d'eau atteint 1545 m³.



Photo 1 Centre aqualudique à Moulins, dans l'Allier.



Photo 2 Bassin sportif de 510 m².

Les bâtiments ont une surface de 4 443 m² SHON. La partie extérieure comprend un bassin ludique d'une surface de 400 m² et d'un volume de 380 m³. Ces bassins sont ouverts du mois de juin au mois d'août. La surface totale des bassins est donc de 1345 m². Le coût total de l'opération est de 12,7 millions d'euros TTC (coût 2008) soit 9306 € TTC/m² de bassin. Le service technique de la communauté d'agglomérations a assuré la maîtrise d'ouvrage de l'opération et supervise le suivi technique des installations. Le bureau d'études Saunier était en charge des études concernant la partie chauffage, ventilation et déshumidification du centre aqualudique. Les travaux ont été confiés à EIFFAGE Thermique à Clermont-Ferrand. Le poste génie climatique représente un investissement de 958 k€ TTC soit 712 € TTC/m² de bassin (coût 2007). L'investissement de la pompe à chaleur, y compris sa pose et raccordement, représente un coût d'environ 100k€ TTC. L'exploitation et la maintenance des installations techniques (génie climatique et traitement d'eau) du site sont réalisées par Dalkia Auvergne. L'installation comprend une PAC, de marque CARRIER Type 30HXC 230A (> photo 3), dont la puissance en chaud est de 911 kW chaud pour 204 kW électrique absorbée. Cette PAC assure le chauffage des bassins, le préchauffage de l'eau chaude sanitaire et la fourniture de chaud et de froid aux deux centrales de traitement d'air, de marque

CIAT, dont les débits sont pour la CTA bassin sportif 45 000 m³/h et 27 000 m³/h pour la CTA bassin ludique.

L'installation comprend aussi deux forages de pompage (2 x 35 m³/h) et deux forages de réinjection.

L'ensemble des installations est piloté par un système de gestion technique de marque SIEMENS.

Bilan moyenne 2008-2012 : des performances excellentes

La PAC a fourni 3 311 MWh chaud/an et 1111 MWh froid/an pour la déshumidification. La PAC et les pompes de forages ont consommé 873 MWh ce qui fait un COP (*) chaud +froid de 5,07!

Le coût moyen du MWh chaud produit par la PAC est à moins de 21,02 € TTC/MWh. Si le chaud avait été produit par une chauf-



Photo 3 PAC géothermale sur nappe phréatique.

ferie gaz avec un rendement de 94 %/PCI, il serait à plus de 52,60 € TTC/MWh! Par rapport à une solution dont le chaud serait produit par une chaufferie gaz, l'éco-

Tableau 1 Interventions réalisées sur la période 2008-2012

PAC 30HXC 230 (911 kW Ch)

Date	Type de prestation	Coût TTC
06/11/08	Maintenance constructeur	2 093 € TTC/an
05/12/08	Maintenance constructeur	2 021 € TTC/an
22/12/09	Remplacement des trois filtres à huile des compresseurs (fourniture 420 €+ MO 890 €)	1 567 € TTC/an
02/05/10	Maintenance constructeur	2 069 € TTC/an
05/09/10	Remplacement pompe à huile	1 549 € TTC/an
09/12/10	Maintenance constructeur	2 021 € TTC/an
28/04/11	Maintenance constructeur	2 183 € TTC/an
18/12/11	Maintenance constructeur	2 021 € TTC/an
11/04/12	Remplacement trois contacteurs (488 € fournitures, 1 070 € MO)	1 863 € TTC/an
13/04/12	Maintenance constructeur	1 938 € TTC/an
20/12/12	Maintenance constructeur	2 021 € TTC/an
Total 2008-2012		21 346 € TTC/an
Soit un coût moyen annuel de :		4 269 € TTC/an
Production de chaud moyen	3 311 MWh Ch	Soit un coût au MWh chaud produit de 1,29 €/MWh

nomie annuelle apportée par la PAC est de 104 k€ TTC/an. L'installation de la PAC géothermale a nécessité un sur-investissement de 250 k€, ce qui fait un temps de retour de moins de trois ans! La solution PAC permet aussi une diminution des rejets de CO² de 83 %/an.

Un coût de maintenance très faible

La maintenance de la PAC est confiée au constructeur qui intervient, en moyenne, deux fois par an, lors des arrêts techniques. À noter que cette machine est fortement sollicitée puisqu'elle fonctionne plus de 350 jours/an et son taux de charge moyen est de 43 %. > **Tableau 1** Ramenée au coût du MWh chaud produit, la maintenance génère une augmentation de 6 % de ce coût soit 1,29 €

TTC/MWh chaud, ce qui est très faible. Il passe donc à 22,79 € TTC/MWh.

La maintenance constructeur comprend les interventions suivantes :

- > vérification fonctionnement général du groupe;
- > vérification étanchéité;
- > vérification niveau huile;
- > vérification charge fluide;
- > vérification séquences électriques;
- > vérification des pertes de charges échangeurs;
- > vérification pressostats BP et HP;
- > vérification intensités moteurs;
- > vérification asservissements des organes de sécurité;
- > prélèvement d'huile et analyse;
- > vérification serrage des connexions électriques;

- > vérification de l'isolement électrique des compresseurs;
- > vérification de l'encrassement des échangeurs sans démontage;
- > optimisation du fonctionnement de l'installation;
- > rédaction d'un CR d'intervention.

Nous pouvons donc en conclure que le coût de la maintenance a un impact très faible sur le coût du MWh chaud produit qui est près de deux fois plus faible que celui du gaz. Si l'on ajoute la diminution des rejets de CO² de 83 %, la pompe à chaleur est une excellente solution énergétique pour les piscines. ■ 58-85

(*) COP Chaud+froid = Énergie fournie en chaud+froid/Énergie consommée par la PAC+les pompes de puits.

Régulation de puissance des pompes à chaleur

L'article présenté ci-dessous montre l'intérêt d'utiliser des moteurs électriques, des variateurs et des régulateurs spécialement étudiés et conçus pour obtenir de bonnes performances des pompes à chaleur à charge partielle.

En Suède, la tendance actuelle est de dimensionner la puissance des pompes à chaleur pour assurer au plus près la couverture des besoins totaux de chauffage bien que cela n'ait pas été le cas jusqu'à présent. Les raisons de ce développement sont à la fois économiques et réglementaires (augmentation du prix de l'électricité, puissance disponible et limitation de la puissance électrique installée pour le chauffage). Cela signifie que les pompes à chaleur fonctionneront désormais presque constamment à charge partielle et que l'appel d'énergie sera très faible. Cette situation, qui est particulièrement vraie pour les

bâtiments neufs à basse consommation, accroît l'intérêt qui peut être porté aux pompes à chaleur à puissance variable. La régulation de puissance, à l'origine par le recours aux moteurs à vitesse variable, est couramment utilisée pour améliorer l'efficacité du fonctionnement des systèmes de chauffage, de refroidissement et de ventilation. Avant d'aborder l'application spécifique aux pompes à chaleur, il est intéressant de présenter quelques aspects généraux.

Adaptation de l'offre à la demande

Les systèmes de CVC sont dimensionnés pour fournir une puissance maximale

Avantages potentiels de la régulation de puissance

Couple moteur et puissance requise

Exemple d'application aux pompes à chaleur

Par P. Fahlén, professeur honoraire, SP Institut Technique de Recherche Suédois. Extrait du Journal Rehva 10/12, (traduction J. Benoit, C. Feldmann).

calculée par exemple pour une température extérieure donnée en chauffage ou en refroidissement, ou pour une concentration de polluants donnée dans le cas de la ventilation. Le fonctionnement normal se situe à un niveau notablement plus faible; par exemple, le débit de ventilation dans les systèmes de ventilation à débit variable excède rarement les 30 % du débit nominal. Des économies d'énergie substantielles peuvent donc être attendues par la régulation de puissance. En théorie, cela signifie que le moteur du ventilateur doit être optimisé pour une puissance d'entraînement qui est environ 30 % de la puissance nominale et seulement 5 % de la puissance nominale dans le cas des futurs systèmes décentralisés. De même, une pompe à chaleur dimensionnée sur les déperditions maximales