

# Pompes à chaleur: étudier le potentiel et l'améliorer

Les pompes à chaleur font aujourd'hui partie des solutions standard dans les foyers et l'industrie. Malgré une large utilisation, cette technologie de chauffage cache encore un potentiel d'amélioration considérable. Les optimisations ne sont pas seulement possibles lors de la construction des installations elles-mêmes, mais aussi dans leur système de commande en relation avec d'autres installations énergétiques. Un regard sur la recherche actuelle dans le domaine des pompes à chaleur.

Les pompes à chaleur utilisent l'énergie thermique contenue dans l'air ambiant, le sol, les eaux de surface ou encore la nappe phréatique et apportent ainsi une importante contribution à l'utilisation efficace de l'énergie. Le nombre de pompes à chaleur achetées chaque année s'est pratiquement multiplié par dix en Suisse depuis le début des années 1990 pour atteindre 18 500 pièces en 2014. Presque deux tiers reviennent aux pompes à chaleur air/eau et un bon tiers aux pompes à chaleur eau salée/eau. Environ 70 à 80% des maisons individuelles construites aujourd'hui sont équipées de telles installations. «Il y a un retard à combler dans les bâtiments existants; l'intégration de pompes à chaleur serait judicieuse du point de vue énergétique dans un grand nombre d'entre eux», affirme Rita Kobler, experte en pompes à chaleur à l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). «Savoir si une installation de pompe à chaleur est judicieuse doit être étudié au cas par cas, cela dépend essentiellement des températures de chauffage exigées au départ», explique Rita Kobler.

## Augmenter le degré d'efficacité

Même si les pompes à chaleur fonctionnent déjà bien aujourd'hui, elles ont encore un potentiel d'amélioration très élevé. «Les pompes à chaleur n'atteignent qu'un degré d'efficacité d'environ 50% de ce qui est théoriquement possible», affirme l'ingénieur diplômé de l'ETH Stephan Renz, directeur du programme de recherche de l'OFEN sur les pompes à chaleur et le froid, «des degrés de 65 à 70% sont envisageables sur le long terme». Des efforts intenses au niveau de la recherche

et du développement sont indispensables à l'exploitation de tout ce potentiel. Dans ce contexte, l'Union européenne a initié le projet de recherche «Next Heat Pump Generation». Les scientifiques impliqués examinent tous les composants des pompes à chaleur à la recherche de possibilités d'amélioration. En Suisse, l'EPF de Lausanne participe au projet de l'UE. Au centre de ses travaux, on trouve l'amélioration des échangeurs qui doivent transférer l'énergie thermique d'une matière à une autre.

La Haute école de Lucerne étudie aussi l'optimisation de la construction des pompes à chaleur. Le responsable des recherches, Lukas Gasser, et son équipe travaillent depuis dix ans en vue d'ajuster la puissance de chauffage générée par les pompes à chaleur eau salée/eau et air/eau aux besoins réels du bâtiment correspondant afin d'améliorer nettement l'efficacité. La régulation de la puissance nécessaire est essentiellement réalisée par le biais du compresseur et des groupes complémentaires éventuellement nécessaires comme, par exemple, des ventilateurs ou des pompes de recirculation. Elles sont réglées de telle sorte qu'il en résulte une puissance de chauffage adaptée aux besoins et une efficacité maximale.

## Un avantage pour les pompes à chaleur air/eau

En comparaison avec les pompes à chaleur à commutation régulée, les chercheurs lucernois ont pu atteindre avec des pompes à chaleur air/eau, des gains énergétiques de 20 à 70% au cours des dernières années grâce à la régulation de la puissance. Conformément





Lorsque la pompe à chaleur reprend de l'énergie dans l'accumulateur à glace, il gèle.

aux attentes, le gain énergétique s'est avéré plus faible pour les pompes à chaleur eau salée/eau. «Par rapport au prototype régulé par commutation marche/arrêt, elles permettent une augmentation pouvant atteindre 12% des coefficients de performance annuels indépendamment de la courbe de chauffage et de la longueur de la sonde géothermique utilisée», affirme Lukas Gasser. Ce résultat ne surprend pas Beat Wellig, directeur du centre de compétence Systèmes énergétiques et Génie des procédés de la Haute école de Lucerne. Relativement parlant, les pompes à chaleur air/eau avec régulation de puissance permettraient d'atteindre de plus grandes efficacités que les pompes à chaleur eau salée/eau dans la mesure où la température de l'air présente une marge de fluctuation plus importante que la température du sol. «Les résultats montrent clairement que les pompes eau salée/eau avec régulation de puissance seront plus difficiles à commercialiser que les pompes à chaleur air/eau», affirme Beat Wellig.

#### Trouver la bonne combinaison

Un degré d'efficacité optimisé est la condition requise pour que les pompes à chaleur puissent apporter une contribution essentielle à l'alimentation énergétique. La capacité de chaque pompe à s'associer à d'autres systèmes énergétiques joue également un grand rôle. Ce qui compte finalement, c'est le bilan énergétique du système complet. «La combinaison de pompes à chaleur avec des systèmes énergétiques additionnels nécessite encore des recherches considérables», explique le directeur du programme de recherche de l'OFEN Stephan Renz. Par systèmes additionnels, il entend des installations solaires thermiques et photovoltaïques ou des formes combinées de celles-ci. A cela s'ajoutent des systèmes combinés qui tiennent compte des accumulateurs à glace ou des sondes géothermiques qui amortissent la chaleur générée dans les installations solaires thermiques sur des heures, des jours ou même des mois.

Ces accumulateurs de glace sont du domaine de Thomas Afjei. Il est chercheur et enseignant à la Haute école d'architecture, de construction et de géomatique de Muttenz (BL). Il mène des recherches avec des accumulateurs à glace, pour les pompes à chaleur

ainsi que les collecteurs solaires thermiques prévus comme système d'énergie pour les habitations. Pour cela, il utilise aussi la simulation en laboratoire. Un tel système comprend un conteneur enterré, appelé accumulateur à glace. Comparable à une citerne d'eau, il contient par exemple pour une maison familiale 10 m<sup>3</sup> d'eau. La pompe à chaleur va retirer la chaleur de l'eau jusqu'à ce qu'elle gèle. Le changement d'état de liquide à solide représente un gain d'énergie supplémentaire à température constante. Avec la chaleur des collecteurs solaires, l'eau peut à nouveau être pompée et réchauffée. Ce qui est intéressant, c'est que la chaleur solaire peut déjà être utilisée avec de basses températures et la capacité de stockage des collecteurs peut être augmentée.

#### Applications flexibles dans des réseaux intelligents

L'analyse que Jörg Worlitschek réalise actuellement à la Haute école de Lucerne sert d'exemple pour les travaux de recherche dans le domaine du stockage de l'énergie. L'objectif est la conception d'une unité composée d'une pompe à chaleur et d'un accumulateur thermique correspondant qui s'intégrerait de manière optimale dans un réseau électrique intelligent, appelé aussi Smart grid. Les pompes à chaleur devraient aussi correspondre aux critères du réseau et dans un cas idéal même pouvoir être guidées par celui-ci. En tant que point de départ, Jörg Worlitschek et son équipe de chercheurs ont conçu un nouveau modèle capable de simuler le comportement du système complet et de l'accumulateur sur le long terme grâce à la combinaison de modèles validés de la pompe thermique. «Au cours des premières études de paramètres (avec plus de 800 simulations), nous avons pu démontrer qu'une optimisation de la régulation et de l'accumulateur permet un important gain de flexibilité avec des pertes minimales d'efficacité de la pompe à chaleur», affirme Jörg Worlitschek. Le projet de Jörg Worlitschek est lié à un projet de recherche international de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) auquel neuf pays d'Asie, d'Europe et d'Amérique du Nord participent. (bv)