

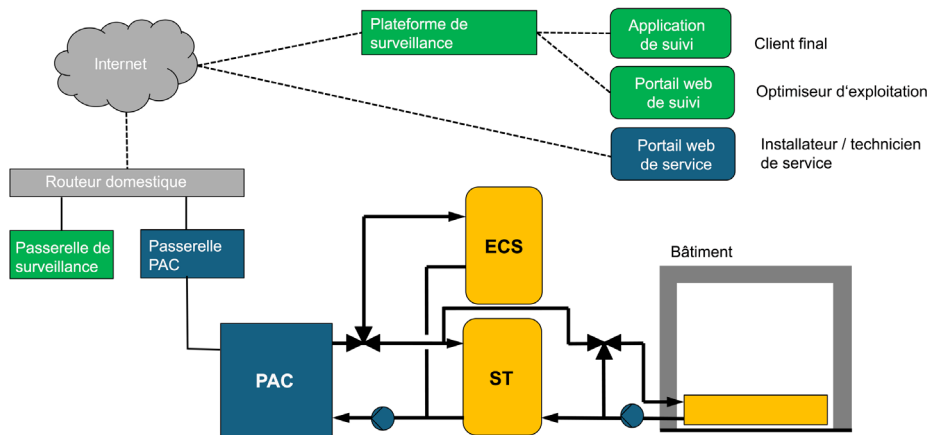
EXPLOITER LE POTENTIEL DES POMPES À CHALEUR

En utilisant la chaleur présente dans l'environnement, les pompes à chaleur constituent la clé d'une électrification économe en énergie des systèmes de chauffage. Afin d'exploiter pleinement le potentiel de cette technologie sur les plans énergétique et climatique, des efforts supplémentaires seront nécessaires dans les domaines de l'assurance qualité, du développement des composants et de la numérisation. Telle est la principale conclusion du symposium national sur les pompes à chaleur, qui a réuni fin juin à Berne des spécialistes issus de la recherche, de l'industrie et de l'administration.



Quelque 180 personnes ont participé au symposium « Nouvelles de la recherche sur les pompes à chaleur » à Berne et ont échangé sur des questions techniques. Photo : FWS/MKR

Étape 2 : utiliser une plateforme de suivi indépendante des fabricants (pour les maisons individuelles et les immeubles collectifs)



Pierre Christe (OFEN), David Zogg (FHNW) et Silvan Bernal (OST) ont discuté, lors du symposium sur les pompes à chaleur, d'approches envisageables pour un suivi évolutif des systèmes de pompes à chaleur. L'illustration montre, à titre d'exemple, comment les données d'exploitation de la pompe à chaleur (PAC), de la production d'eau chaude sanitaire (ECS) et du stockage thermique (ST) pourraient être utilisées pour attester la qualité, optimiser l'exploitation et assurer la gestion énergétique. Illustration : FHNW

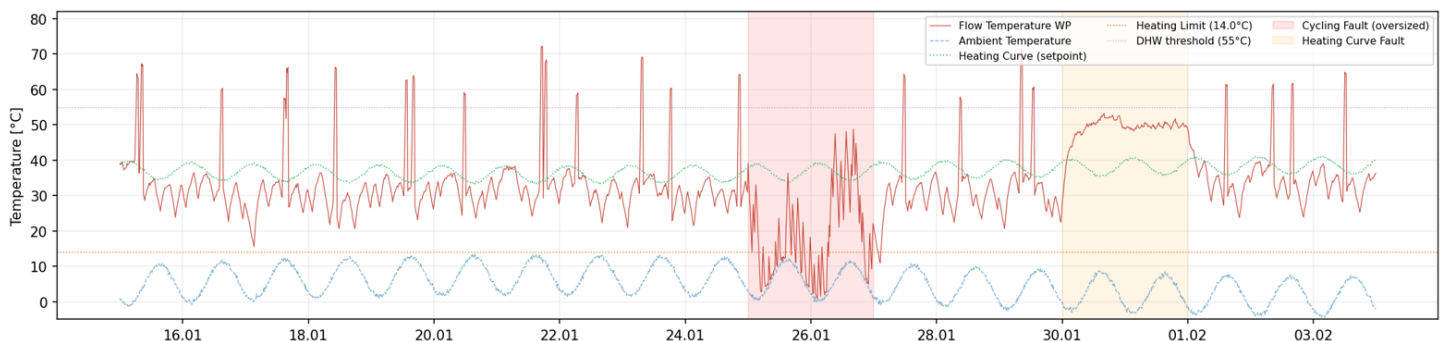
Près de 150 ans se sont écoulés depuis la mise en service de la première pompe à chaleur exploitée à l'échelle industrielle dans une mine de sel à Bex (VD). Depuis lors, cette technologie a atteint un haut degré de maturité. Les pompes à chaleur sont aujourd'hui considérées comme la technologie clé de la décarbonation de l'approvisionnement en chaleur des bâtiments résidentiels et, de plus en plus, des procédés industriels. Selon les chiffres de l'Association professionnelle suisse des pompes à chaleur (GSP), près de trois cinquièmes des systèmes de chauffage des locaux vendus en Suisse en 2025 étaient des pompes à chaleur.

Si les pompes à chaleur sont désormais largement reconnues comme une solution de chauffage durable, elles se heurtent encore à des défis techniques, opérationnels et réglementaires. Tel est le principal enseignement du symposium « Nou-

velles de la recherche sur les pompes à chaleur », qui s'est tenu fin juin à Berne pour la 32e fois. Quelque 180 personnes ont participé à cette manifestation, organisée dans le cadre du programme de recherche « Pompes à chaleur et technologies du froid » de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN).

Des performances à la hauteur des attentes

Aux côtés de l'électrification des transports, le recours aux pompes à chaleur constitue l'un des principaux leviers pour décarboner le système énergétique et atteindre l'objectif de zéro émission nette d'ici à 2050. Selon les Perspectives énergétiques 2050+ (PE2050+) de la Confédération, le parc de pompes à chaleur devra être multiplié par cinq au cours des prochaines décennies. Pour y parvenir sans surcharger inutilement le système énergétique, les pompes à chaleur doivent tenir leurs promesses en matière de performance non seule-



Le chercheur de la FHNW Parantapa Sawant a mis au point un outil logiciel destiné à détecter les défauts de fonctionnement des pompes à chaleur. Le graphique montre, sur une période de trois semaines en hiver, l'évolution de la température de départ (rouge), de la température extérieure (bleu) et de la valeur de consigne de la courbe de chauffe (vert). Les périodes présentant des anomalies sont signalées par un code couleur : le rouge indique un cyclage excessif (tactage), tandis que le jaune signale un mauvais réglage de la courbe de chauffe. Graphique : FHNW

ment sur le banc d'essai, mais aussi dans des conditions réelles d'exploitation, et ce pendant toute la durée d'utilisation. Parallèlement, l'intégration des installations dans le système énergétique gagne en importance lorsqu'il s'agit d'exploiter les flexibilités disponibles et de mieux coordonner l'offre et la demande d'électricité.

Tel était le contexte de l'exposé présenté par Pierre Christe (OFEN) lors du symposium sur les pompes à chaleur, conjointement avec David Zogg (Haute école spécialisée du nord-ouest de la Suisse) et Silvan Bernal (Haute école spécialisée de la Suisse orientale). Les présentations se sont appuyées sur une enquête menée auprès de la branche ainsi que sur les résultats d'un programme de mesures sur le terrain, soutenu par l'OFEN, qui étudie depuis maintenant 30 ans les performances des pompes à chaleur dans des conditions réelles d'exploitation.

Une assurance qualité renforcée

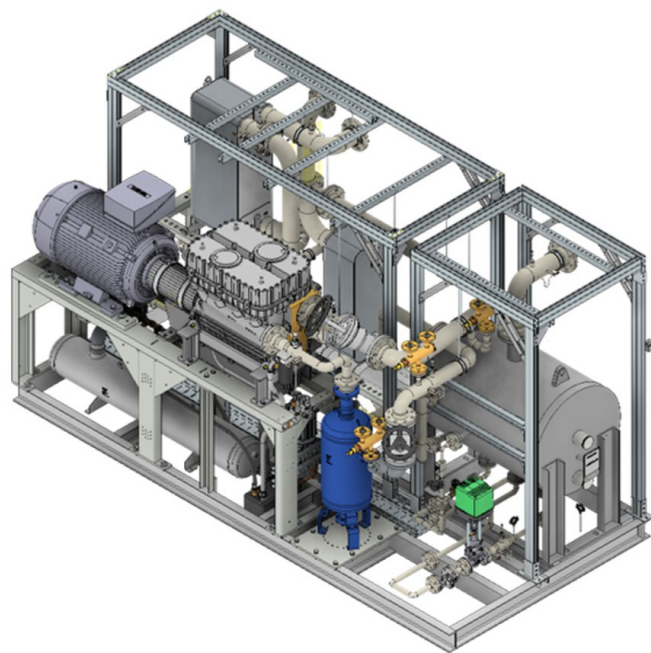
Les résultats de l'enquête et les mesures sur le terrain montrent que, si la technologie des pompes à chaleur est aujourd'hui globalement arrivée à maturité, des marges d'amélioration subsistent, en particulier dans le segment très répandu des installations d'une puissance allant jusqu'à 70 kW, utilisées notamment dans les maisons individuelles et les petits immeubles résidentiels. Souvent, les causes ne résident pas dans les pompes à chaleur elles-mêmes, mais dans le système dans son ensemble. Parmi les facteurs en cause figurent notamment le surdimensionnement des installations, des lacunes dans l'intégration du système, des stratégies de régulation insuffisamment optimisées ainsi qu'une exploitation encore limitée des potentiels d'autoconsommation et de flexibilité. Dans ce contexte, le développement d'un dispositif d'assurance qualité renforcé est envisagé afin de compléter et d'améliorer les instruments existants, tels que le module système pour pompes à chaleur (PAC-SM) ou la garantie de performance. L'objectif est de mettre en place une assurance qualité davantage axée sur le système et l'exploitation, qui tienne mieux compte des performances réelles des installations tout au long de leur cycle de vie.

Selon Pierre Christe, expert de l'OFEN, l'accent est mis notamment sur l'intégration du système, l'efficacité d'exploitation à long terme, l'optimisation continue ainsi que l'impact sur le système électrique. Les discussions concernent, entre autres, les indicateurs de performance standardisés ainsi que les preuves de l'efficacité réelle en exploitation qui soient

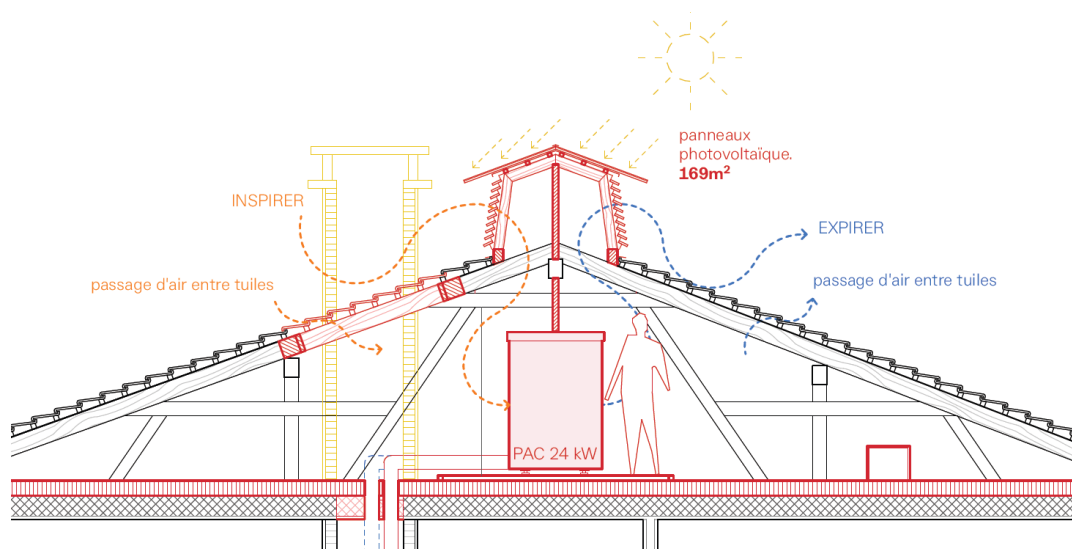
applicables dans la pratique. Sur cette base, les installations présentant un potentiel d'optimisation pourraient être identifiées et faire l'objet d'optimisations ciblées. Pour la phase d'exploitation, des approches permettant de vérifier les performances des installations après une certaine durée de fonctionnement sont également à l'étude. Cela nécessite des indicateurs uniformes, des valeurs de référence fiables et une approche évolutive capable de répondre à la fois aux exigences de la pratique et aux besoins de la mise en œuvre.

De la vapeur industrielle produite par une pompe à chaleur

Dans le cadre de l'optimisation de l'exploitation, le chercheur de la FHNW Parantapa Sawant a présenté à Berne un outil logiciel permettant de détecter facilement, grâce à des algorithmes d'apprentissage automatique, des dysfonctionnements tels qu'un cyclage excessif ou un réglage inadapté de la courbe de chauffe. L'outil analyse à cette fin les écarts entre la température de départ prédite et les valeurs attendues. Ce n'était là que l'une des nombreuses approches innovantes présentées lors du symposium sur les pompes à chaleur: Carolina Fraga (Services Industriels de Genève, Programme



Cette année, les premières pompes à chaleur capables de produire de la vapeur seront mises en service en Suisse. Sur l'image : une pompe à chaleur génératrice de vapeur d'une puissance thermique de 360 kW, utilisée dans une entreprise de l'industrie de la viande. Elle fournit de la vapeur à 140°C sous une pression de 3,6 bar. La source de chaleur est la chaleur résiduelle à 88°C, tandis que le fluide frigorigène utilisé est le pentane (R601). Le COP est de 5. Source de l'image : SPH Sustainable Process Heat GmbH, Allemagne



Carolina Fraga (Services Industriels de Genève) a notamment présenté à Berne les enjeux liés à l'intégration architecturale des pompes à chaleur dans les grands bâtiments. Sur l'image : l'un des résultats d'une étude de faisabilité portant sur l'installation d'une pompe à chaleur sous un toit à deux pans. Illustration : atelier bonnet architectes

éco21) a présenté des instruments permettant de faciliter la planification et à moindre coût (Outil PAC Immo), des instruments d'assurance qualité (SOSPAC) ainsi que des guides consacrés à l'intégration architecturale des pompes à chaleur. Cordin Arpagaus (OST) a dressé un état des lieux du marché des pompes à chaleur à haute température et a présenté les premières pompes à chaleur destinées à la production de vapeur industrielle en Suisse. Celles-ci seront mises en service cette année dans l'industrie de la viande et dans une entreprise pharmaceutique, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives pour l'utilisation des pompes à chaleur.

Les fluides frigorigènes ont constitué un autre temps fort du symposium. Loïc Schmidely (Office fédéral de l'environnement) a présenté les nouvelles dispositions de l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORR-Chim), qui entreront en vigueur début 2027. L'un des principaux objectifs consiste à limiter l'utilisation des fluides frigorigènes à base d'hydrofluorocarbures (HFC) partiellement halogénés qui sont très nocifs pour le climat, ainsi que celle des hydrofluoroléfines (HFO), dont les produits de dégradation portent atteinte à l'environnement. Le législateur soutient ainsi le passage des fluides frigorigènes synthétiques aux fluides frigorigènes naturels tels que le propane (R290), l'ammoniac (R717) et le CO₂ (R744).

Regard sur l'avenir numérique

Pour clôturer le symposium, Thomas Nowak, de Quantum Industries AB, un jeune fabricant suédois de pompes à chaleur en pleine croissance, a présenté sa vision de l'avenir. L'ancien

secrétaire général de l'Association européenne des pompes à chaleur (EHPA) considère les pompes à chaleur comme une interface entre l'électricité et la chaleur : « Dans ce contexte, les pompes à chaleur ne sont pas une charge, mais des consommateurs flexibles qui absorbent les pics de production, soutiennent la stabilité du réseau et optimisent l'autoconsommation d'électricité », souligne Thomas Nowak. Les pompes à chaleur génèrent ainsi une valeur ajoutée pour l'ensemble du système, qui peut être valorisée financièrement, rendent envisageables, à terme, « un chauffage et un refroidissement gratuits ». Les conditions nécessaires à cette révolution seraient une infrastructure numérique, des tarifs flexibles et des redevances de réseau variables dans le temps. La demande de pompes à chaleur devrait se stabiliser à un niveau élevé, sous l'effet de l'électrification croissante et du besoin croissant de solutions de refroidissement.

Nowak a appelé la branche des pompes à chaleur à poursuivre résolument la numérisation et l'innovation dans les processus. Il serait ainsi possible d'établir automatiquement des recommandations de dimensionnement sur la base des données existantes relatives aux bâtiments. Une préfabrication centralisée des modules hydrauliques permettrait par ailleurs de réduire le temps de montage sur le chantier. En outre, l'installation, la mise en service et la surveillance en ligne pourraient être réalisées plus efficacement grâce à des outils numériques. Il a recommandé aux fabricants « de ne pas se limiter à proposer l'appareil, mais d'offrir une solution globale intégrant également le système d'installation, avec un logiciel de planification, des composants système prémontés et une

mise en service numérique ». Ils pourraient ainsi générer une valeur ajoutée élargie grâce aux pompes à chaleur.

- La **documentation** relative au 32e symposium du programme de recherche « Pompes à chaleur et technologies du froid » de l'Office fédéral de l'énergie est disponible [ici](#).
- Pour tout **renseignement**, veuillez contacter [Stephan Renz](#), responsable externe du programme de recherche sur les pompes à chaleur et le froid de l'OFEN ou [Elena-Lavinia Niederhäuser](#), responsable domaine du programme de recherche sur les pompes à chaleur et le froid de l'OFEN.
- Vous trouverez d'autres **articles spécialisés** consacrés aux projets pilotes, de démonstration et aux projets phares dans le domaine des pompes à chaleur et du froid [ici](#).