LA VALEUR DE LA CHALEUR DE L'ENVIREMENT

Les pompes à chaleur sont considérées comme la technologie clé pour la décarbonation du secteur du bâtiment. Afin de satisfaire à cette exigence, le déploiement de ces systèmes de production de chaleur doit être accéléré. Le symposium de l'OFEN ‹ Nouvelles de la recherche sur les pompes à chaleur › de cette année a indiqué des voies à emprunter pour une utilisation plus vaste des pompes à chaleur dans les bâtiments existants. Cette utilisation à grande échelle implique des normes de qualités homogènes.

190 spécialistes issus de la recherche, de l'industrie et de l'administration ont participé au symposium ‹ Nouvelles de la recherche sur les pompes à chaleur ›. Photo : B. Vogel

Article spécialisé concernant les connaissances acquises du 31e symposium de la programme de recherche ‹ Pompes à chaleur et froid › de l'OFEN du 25 juin 2025 à Berne. L'article a été publié, entre autres, dans le magazine spécialisé Swiss Engineering (édition août 2025).

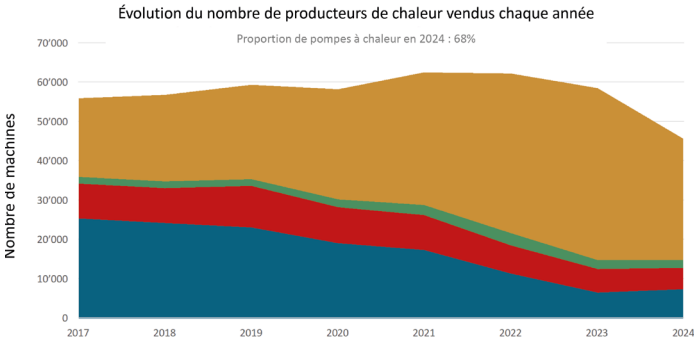
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'énergie OFEN

Les pompes à chaleur ont gagné du terrain au cours des 20 dernières années. Aujourd'hui, environ 450'000 de ces systèmes de production de chauffage, qui permettent de convertir la chaleur de l'air ambiant, de la terre ou des lacs en chaleur pour le chauffage ou pour l'eau chaude, sont installés dans toute la Suisse. Le boom de ces dernières années ne serait qu'un début. Afin de rendre le parc immobilier suisse largement respectueux du climat et indépendant des énergies fossiles, le nombre de pompes à chaleur devra atteindre environ 1,5 million d'unités d'ici 2050, selon l'objectif du Conseil fédéral pour une Suisse neutre en carbone.

Des objectifs d'utilisation extensive tout aussi ambitieux sont fixés à l'étranger : l'Union européenne vise l'installation de 60 millions de pompes à chaleur d'ici 2030, et selon l'Agence internationale de l'énergie, 1,8 milliard d'unités seront nécessaires dans le monde à l'horizon 2050. Selon Marek Miara (Institut Fraunhofer pour les systèmes énergétiques solaires, Fribourg/D), ces objectifs sont réalisables : les fabricants ont développé leurs capacités de production, le nombre de professionnels qualifiés est en hausse et les pompes à chaleur sont de plus en plus utilisées dans les immeubles collectifs, a déclaré M. Miara dans son discours d'ouverture lors du symposium de l'OFEN ‹ Nouvelles de la recherche sur les pompes à chaleur ›, qui s'est tenu mi-juin à Berne. Selon lui, les pompes à chaleur peuvent aujourd'hui être utilisées sans problème dans les nouvelles maisons individuelles et immeubles collectifs, mais elles constituent encore « un certain défi » dans les immeubles collectifs existantes, lesquelles « requièrent davantage de standardisation ». De manière générale, M. Miara a appelé à la mise en place, dans le secteur des pompes à chaleur, de nouveaux modèles commerciaux centrés sur la satisfaction des clients finaux.

Évolution des producteurs de chaleur vendus

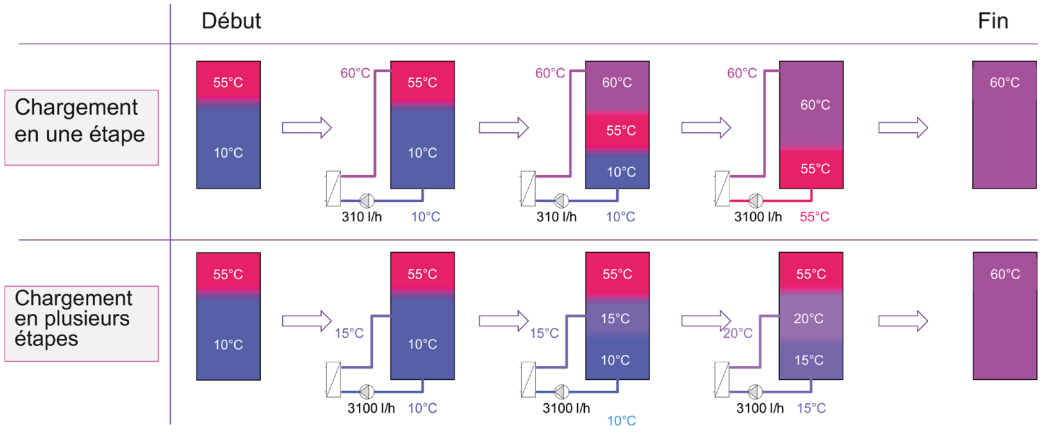


Après des années de forte croissance, les ventes de pompes à chaleur en Suisse ont diminué en 2024. Les pompes à chaleur restent toutefois le système de chauffage privilégié. Graphique : FWS

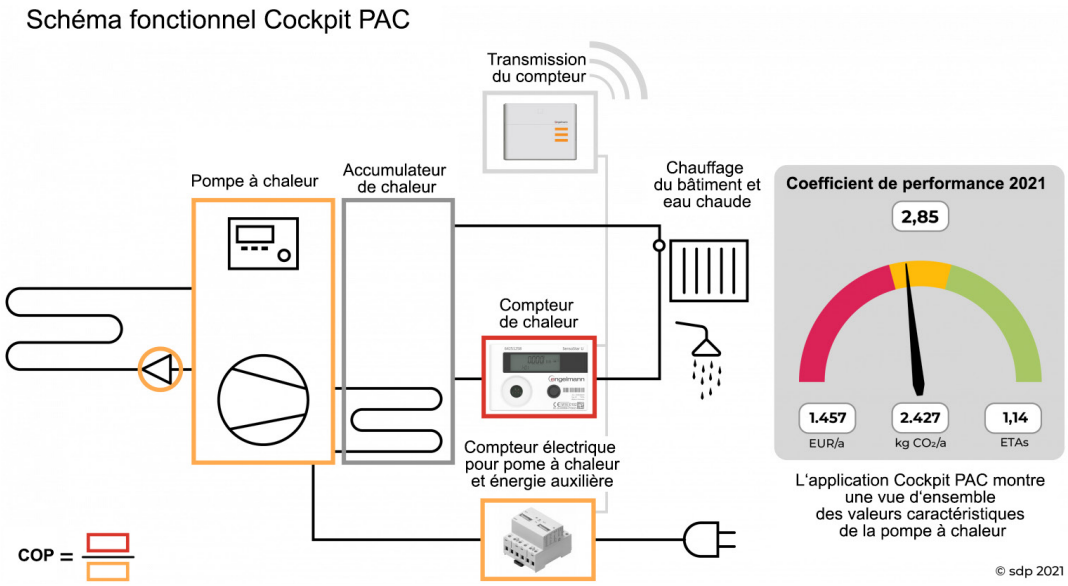
Focus sur les bâtiments existants

L'integration de pompes à chaleur dans les immeubles collectifs existants était l'un des thèmes principaux du symposium. En Suisse, seuls 12% des immeubles collectifs sont actuellement équipés d'une pompe à chaleur (contre 23% pour les maisons individuelles). Il devient donc essentiel de développer davantage de solutions permettant de remplacer les chauffages au mazout ou au gaz par des pompes à chaleur dans ce type de bâtiments. Tomasz Gorecki (CSEM) a présenté un projet réalisé à Neuchâtel, dans le cadre duquel un immeuble de 20 appartements a été équipé de trois pompes à chaleur, deux pour le chauffage et le rafraîchissement et une troisième pour la production d'eau chaude sanitaire, dans le cadre d'une rénovation en 2023. À l'aide d'un système de pilotage, les acteurs du projet ont tenté de maximiser l'utilisation de l'électricité solaire et du courant à bas tarif possible pour les pompes à chaleur, tout en utilisant le bâtiment comme accumulateur thermique. Grâce à cette gestion optimisée, les

Stratégie de chargement pour accumulateur de chaleur



Dans le cas d'un chargement en une seule étape, l'accumulateur de chaleur est chargé avec de l'eau à 60 degrés et l'entrée est réalisée directement dans la zone de couverture des pointes jusqu'à ce que l'ensemble du contenu de l'accumulateur atteigne cette température. La stratégie de chargement en plusieurs étapes est plus efficace sur le plan énergétique: l'accumulateur de chaleur est alimenté à mi-hauteur en chaleur avec une température en constante augmentation. Graphique : OST



Le suivi en continu de l'efficacité des pompes à chaleur pendant leur fonctionnement peut contribuer de manière significative à un approvisionnement en chaleur plus efficace en Suisse et peut permettre des économies d'électricité en hiver. Ce monitoring permet de détecter d'éventuelles erreurs d'installation et d'identifier des potentiels d'optimisation. Il renforce également, chez les utilisateurs finaux, la sensibilisation à une utilisation rationnelle de l'énergie. Le canton de Saint-Gall a mis en place, à cet effet, un outil de surveillance appelé WP-Cockpit. Le graphique montre un schéma fonctionnel du WP-Cockpit. Graphique : Sustainable Data Platform

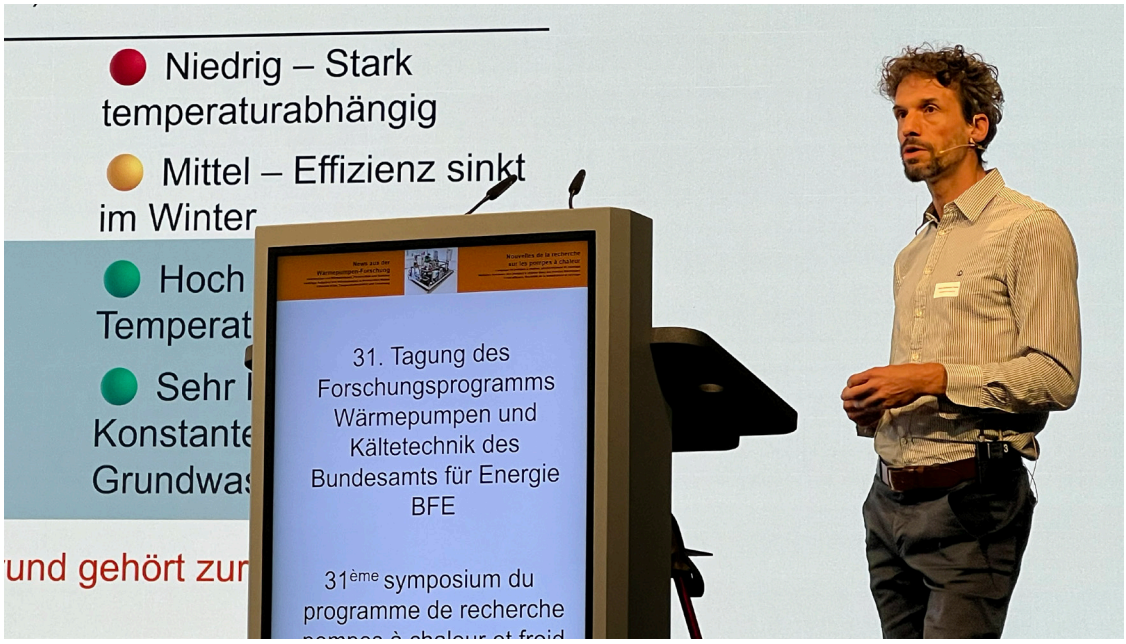
coûts d'électricité liés au fonctionnement des pompes à chaleur ont pu être réduits de 11,5 %, soit environ 1'500 francs par an. Ce système de pilotage est déjà commercialisée par la société Soleco comme partie intégrante de son système de gestion de l'énergie.

Christoph Meier (Haute école spécialisée de Suisse orientale/OST) a présenté un projet réalisé à Baden, dans lequel deux immeubles collectifs sont alimentés par une pompe à chaleur saumure/eau et une pompe à chaleur air/eau, cette dernière couvrant la charge de base. Dans la mesure où la pompe à chaleur saumure/eau n'est utilisée que pour la couverture des charges de pointe, la profondeur des sondes géothermiques a pu être fortement réduite. Ce dimensionnement optimisé a permis de réaliser le système malgré les contraintes d'espace, les limites de profondeur de forage et les exigences acoustiques élevées. Pendant la saison de chauffage 2024/25, le nouveau système de chauffage a démontré sa fiabilité, notamment grâce à la régulation dynamique des sondes géothermiques. La stratégie de chargement d'un réservoir d'eau chaude sanitaire dans un immeuble collectif était au centre du projet présenté à Berne par le scientifique de l'OST, Robert Haberl. Il a montré que le chargement en plusieurs étapes avec une entrée d'eau à mi-hauteur du réservoir est plus efficace qu'un chargement en une seule étape, dans lequel l'eau est directement chauffée à la température de consigne puis injectée dans la partie supérieure du réservoir dédiée à la couverture des pointes. (cf. graphique p. 2, en bas). Cette approche a été validée pour l'alimentation d'un immeuble virtuel de six appartements.

Des normes de qualité homogènes

Le fait que seule une exploitation optimale des pompes à chaleur permet un approvisionnement énergétique respectueux de l'environnement n'est un secret pour personne. Suite à l'adoption de la loi sur la protection du climat et l'innovation

La spin-off Cowa issue de la Haute école de Lucerne développe des accumulateurs de chaleur performants sur la base de matériaux à changement de phase (phase change materials/PCM en anglais). L'entreprise utilise des PCM à base d'hydrates de sel dont le point de fusion est de 48°C ou 58°C. Ces accumulateurs sont capables de stocker environ deux fois plus de chaleur qu'un réservoir d'eau de même volume. Photo : Cowa



À Berne, Pierre Christe (OFEN) a présenté des pistes pour l'harmonisation de l'assurance qualité des pompes à chaleur de petite et moyenne puissance, jusqu'à 70 kW. Photo : B. Vogel

(LCI) et à la promulgation de l'ordonnance sur la protection du climat (OCI), des mesures directes telles que des mesures conformes de l'électricité et de la chaleur sont prescrites depuis début 2025 pour les grandes pompes à chaleur d'une puissance supérieure à 70 kW afin de garantir leur efficacité énergétique. Pour les petites pompes à chaleur (jusqu'à 15 kW), le module-système pour PAC (PAC-SM) constitue, depuis 2017, un standard pour la planification, la réalisation et la mise en service optimales. Cependant, cette forme de contrôle qualité indirect est aujourd'hui trop limitée et une nouvelle réglementation plus contraignante devrait la remplacer, explique Pierre Christe (Office fédéral de l'énergie). Il déclare : « Des exigences de qualité uniformes et directement verifiable sont souhaitables pour toutes les pompes à chaleur de moins de 70 kW, comme celle utilisées dans les maisons individuelles et les petits immeubles collectifs. »

Selon Pierre Christe, il convient notamment de travailler à la mise en place d'un système de monitoring économiquement viable qui inciterait à l'optimisation de l'exploitation, tout en servant de base objective pour des mesures d'aide et de régulation ciblées. Le dimensionnement optimal et la régulation des installations sont, selon lui, essentiels non seulement pour réaliser des économies d'électricité substantielles, mais aussi pour assurer une intégration harmonieuse dans les réseaux, permettant la flexibilité nécessaire à l'exploitation. L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) prévoit, dans les mois à venir, de lancer un processus de concertation avec les représentants du secteur du chauffage et des cantons, qui sont responsables du domaine de la chaleur, afin d'établir un système de garantie de qualité adapté. Dans un premier temps, il s'agira de rassembler les possibilités techniques d'amélioration de l'efficacité dans le domaine de la planification et de la technologie des pompes à chaleur ainsi que du monitoring. Une enquête sectorielle suivra à l'automne 2025 afin d'identifier les défis et les opportunités. Dès 2026, un nouveau système d'assurance qualité basé sur une preuve de l'efficacité énergétique sera élaboré pour les pompes à chaleur d'une puissance inférieure ou égale à 70 kW. Une telle solution, souligne Christe, requiert une collaboration étroite avec la

Aujourd'hui, les pompes à chaleur sont également utilisées pour les processus industriels de séchage, par exemple pour le séchage de la viande des Grisons, réalisé en deux étapes, à 12-18°C et ensuite à 21-26°C. À cet effet, l'entreprise Micarna exploite à Tinizong (GR), une installation frigorifique transcritique au CO_2 de type « booster » (puissance frigorifique de 200 kW) avec récupération de chaleur. Lorsque la chaleur résiduelle ne suffit pas, une pompe à chaleur air/eau (puissance de chauffage de 80 kW) est utilisée. Photo : Cordin Arpagaus

branche. Elle devra également pouvoir faire partie intégrante de l'exécution cantonale (y compris en l'absence de subventions).

Résultats de la recherche actuelle

Les pompes à chaleur constituent aujourd'hui une technologie bien maîtrisée. Il reste cependant de nombreux aspects techniques qui font encore l'objet de recherches sur lesquels les scientifiques travaillent visant à l'améliorer. Des projets sur les pompes à chaleur à sorption (Xavier Daguenet/OST), sur les accumulateurs de chaleur particulièrement performants utilisant des matériaux à changement de phase (Philipp Roos/Cowa Thermal Solutions AG), ou sur les mélanges de réfrigérants à haut glissement de température (Leon Brendel/OST), ont été présentés à l'occasion du symposium de Berne. Il n'est pas toujours nécessaire de développer de nouvelles technologies : parfois, un simple regard au-delà des frontières suffit pour identifier des approches déjà éprouvées. Cordin Arpagaus (OST) a ainsi présenté six exemples internationaux, illustrant comment les pompes à chaleur sont déjà utilisées aujourd'hui dans différents contextes techniques pour des processus de séchage industriels – par exemple pour la déshydratation de l'amidon, des aliments pour animaux, le lait en poudre, le riz ou les briques. De telles installations sont encore peu répandues en Suisse: à Tinizong (GR), l'entreprise Micarna utilise une pompe à chaleur transcritique au CO_2 de type « booster » pour sécher la viande des Grisons.

Plus les pompes à chaleur sont utilisées en Suisse, plus leur impact sur l'approvisionnement énergétique du pays devient significatif. C'est ce que montre une étude présentée par Gianfranco Guidati (ETH Zurich) lors du symposium sur les pompes à chaleur. Le scientifique a souligné que l'essor des pompes à chaleur entraînera inévitablement une augmentation de la demande en électricité, estimée à environ 8,8 TWh par an. « Nous pourrions économiser plusieurs TWh de cette précieuse électricité hivernale si nous utilisions les pompes à chaleur de manière optimale », a souligné Guidati. Sa vision consiste à pouvoir exploiter des pompes à chaleur à très haut rendement (COP 10), notamment grâce à des systèmes innovants d'émission de chaleur fonctionnant avec de très basses températures de départ. Aujourd'hui, les pompes à chaleur atteignent un COP de 3 à 4, ce qui signifie qu'un kilowattheure d'électricité permet de produire trois à quatre kilowattheures de chaleur.

- La **documentation** imprimée sur le 31e symposium ‹ Nouvelles de la recherche sur les pompes à chaleur › de l'Office fédéral de l'énergie peut être commandée à l'adresse info@fws.ch ou téléchargée directement sur le site www.bfe.admin.ch > Recherche et cleantech > Pompes à chaleur et technologies du froid.

- Pour tout **renseignement**, veuillez contacter Stephan Renz (info@renzconsulting.ch), responsable externe du programme de recherche sur les pompes à chaleur et le froid de l'OFEN ou Elena-Lavinia Niederhäuser (elena-lavinia.niederhaeuser@bfe.admin.ch), responsable OFEN du domaine de recherche sur les pompes à chaleur et le froid.

- Vous trouverez plus d'**articles spécialisés** concernant les projets pilotes, de démonstration et les projets phares dans le domaine des pompes à chaleur et le froid sur www.bfe.admin.ch/ec-pac-froid.

Auteur : Benedikt Vogel, sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)
Version : septembre 2025