

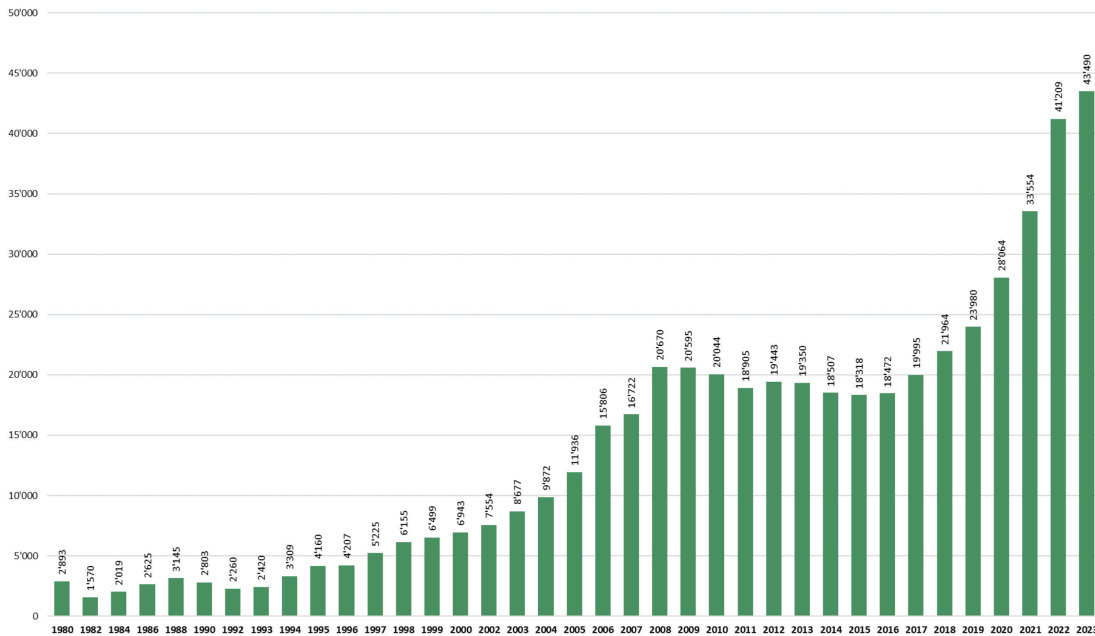
LES POMPES À CHALEUR MONTRENT LEURS MUSCLES

Sur les quelque 43'000 pompes à chaleur vendues en Suisse l'année dernière, près de 90% ont une puissance inférieure à 20 kW, ce qui est typiquement nécessaire pour une maison individuelle ou bifamiliale. Parallèlement, il existe également des pompes à chaleur performantes qui alimentent aujourd'hui déjà des immeubles d'habitation en énergie de chauffage et des entreprises industrielles en chaleur industrielle. C'est ce qu'a mis en évidence, fin juin 2024, la traditionnelle conférence sur les pompes à chaleur organisée par l'Office fédéral de l'énergie à Berne.



Étude de cas « Daru » issue de l'enquête de l'Université de Genève: Six pompes à chaleur air-eau de 31 kW ont été installées sur le toit d'une maison d'habitation construite en 1992 et non rénovée. Elles couvrent environ 70% des besoins en chaleur. Photo: UNIGE

Pompes à chaleur vendues / an (Suisse)



En 2023, le nombre de pompes à chaleur vendues en Suisse a certes encore augmenté mais les chiffres de vente sont en baisse depuis le 4e trimestre 2023. Graphique: GSP

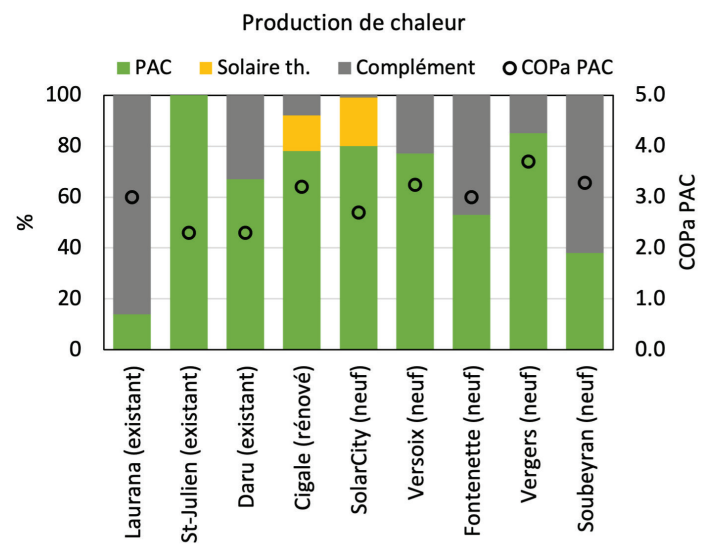
La Suisse n'a encore jamais vendu autant de pompes à chaleur que l'année dernière. Plus de 43'000 appareils de production de chauffage et d'eau chaude à partir de chaleur environnementale ont été vendus en 2023, soit 7% de plus que l'année précédente. Malgré ce succès, Alexandra Märki, directrice du Groupement professionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP), n'est pas entièrement satisfaite. En effet, la forte croissance des ventes de ces dernières années semble s'être arrêtée depuis le 4e trimestre 2023. Märki constate un « effondrement des ventes », dû entre autres aux taux hypothécaires élevés, comme elle l'a expliqué lors du congrès de l'OFEN sur la recherche en matière de pompes à chaleur, dont la 30e édition s'est tenue fin juin pour la première fois à Berne (et non à Berthoud comme c'était le cas jusqu'à présent).

Malgré ce coup de frein, le boom des pompes à chaleur devrait se poursuivre à moyen terme. On pourrait aussi dire: il doit se poursuivre, car les pompes à chaleur sont une « technologie clé pour la décarbonisation du secteur du bâtiment », comme l'affirme Pascal Previdoli, vice-directeur de l'OFEN. Si la Suisse veut atteindre la neutralité climatique d'ici 2050, le nombre de pompes à chaleur devra en effet être multiplié par cinq au cours des 25 prochaines années pour atteindre 1,5 million. L'important: les pompes à chaleur ne doivent pas seulement devenir la technologie de chauffage dominante dans le secteur résidentiel, mais aussi se répandre davantage dans les secteurs tertiaire et industriel. Elles jouent également

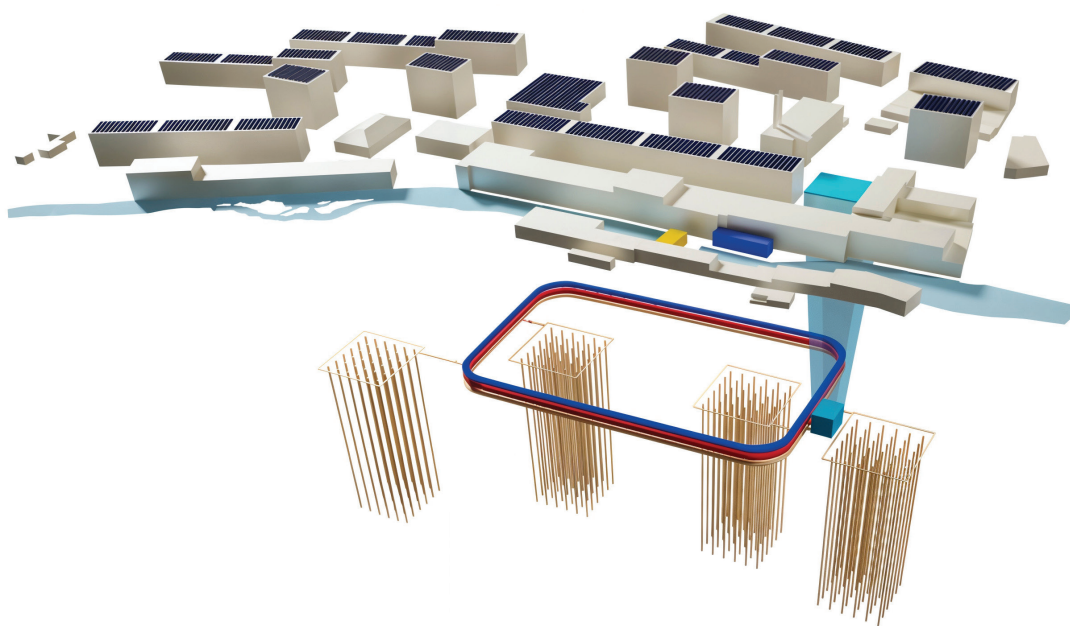
un rôle important dans la production de chaleur pour les réseaux de chauffage urbain.

Genève approvisionne les maisons plurifamiliales

Aujourd'hui encore, la majorité des pompes à chaleur ven-



La production de chaleur dans neuf immeubles d'habitation étudiés par l'Université de Genève est assurée en grande partie par des pompes à chaleur (en vert sur le graphique). Les pompes à chaleur fonctionnent avec un coefficient de performance annuel mesuré compris entre 2,3 (pour les bâtiments existants non rénovés) et 3,7 (pour un nouveau quartier résidentiel). Graphique: UNIGE



Visualisation du site Papieri à Cham. D'ici 2035, 1'000 logements et 1'000 emplois devraient être créés sur le site de 170'000 m². Les bâtiments sont chauffés par des pompes à chaleur qui utilisent le sol (sondes géothermiques) et l'eau des rivières comme sources de chaleur. Graphique: AWIAG

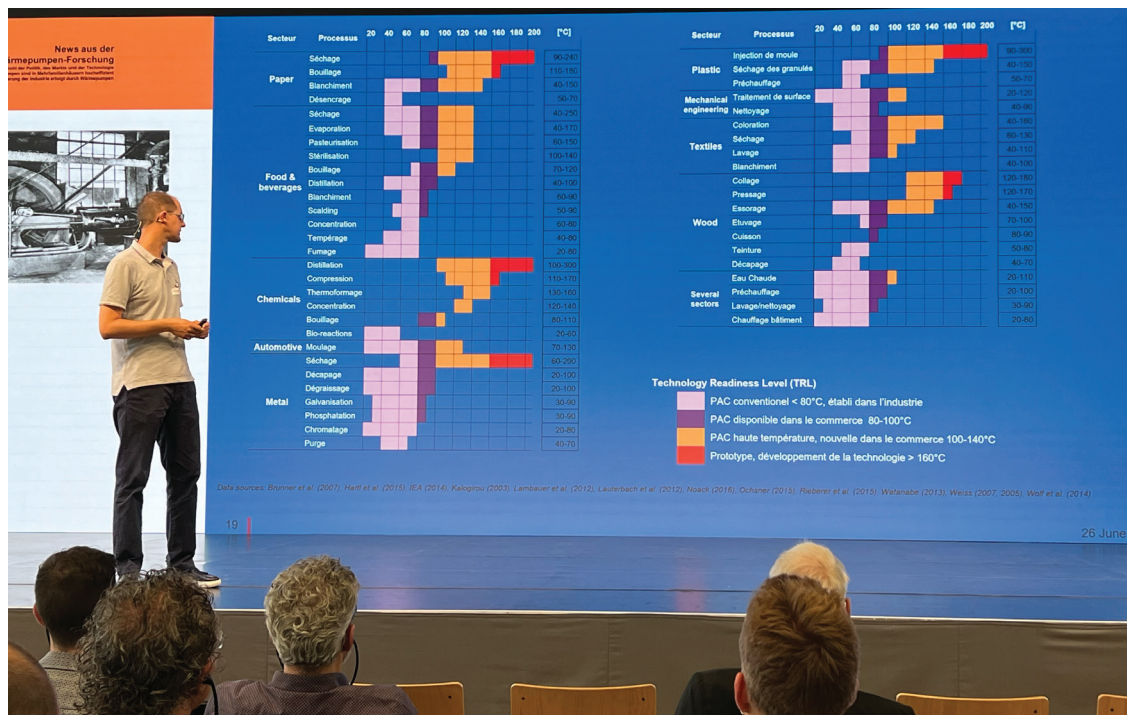
dues sont de petites pompes à chaleur d'une puissance inférieure à 20 kW, adaptées aux besoins des maisons individuelles et des maisons bifamiliales. L'utilisation de la chaleur de l'environnement (air extérieur, sol, rivières et lacs, eaux souterraines) est possible à petite échelle, mais aussi à grande échelle: par exemple, pour le chauffage des maisons plurifamiliales. Lors de la Journée des pompes à chaleur, une équipe de chercheurs de l'Université de Genève a communiqué des informations sur les résultats d'une étude portant sur neuf immeubles ou lotissements genevois alimentés par des pompes à chaleur. Ces dernières ont ici des puissances de 30 à 5'000 kW et, dans la plupart des cas, couvrent de 50 à 100 pour cent des besoins en chaleur des bâtiments existants et des nouvelles constructions. Pour les besoins en chaleur restants, on recourt à des chaudières à gaz et parfois à la chaleur solaire, comme l'a expliqué Simon Callegari, chercheur à l'Université de Genève, à Berne.

Les pompes à chaleur sont également suffisamment performantes pour fournir de la chaleur aux immeubles de bureaux et aux bâtiments de grande hauteur. Sur le Papieri-Areal à Cham, un quartier comprenant 1'000 logements et 1'000 postes de travail, dont les besoins en chaleur seront couverts uniquement par des pompes à chaleur, sera construit par étapes d'ici 2035. À terme, il sera alimenté par la chaleur d'un champ de 192 sondes géothermiques forées à 320 mètres de profondeur et par la chaleur environnementale d'une rivière. « Avec les surfaces de toitures photovoltaïques, le quartier couvrira ses besoins énergétiques à 75% en autarcie à la fin

des travaux, et l'approvisionnement en chaleur et en froid sera entièrement renouvelable. Un bilan énergétique positif pour les grands bâtiments ou l'ensemble du quartier est exigeant, mais définit un objectif ambitieux », explique Carsten Wemhöner de la Haute école spécialisée de Suisse orientale, qui accompagne le projet sur le plan scientifique. Beat Wellig



Construit en 1981 et rénové en 2013, cet immeuble de bureaux et de commerces à Saint-Gall a été équipé en 2023 d'une pompe à chaleur à basse course qui fournit de l'eau de chauffage à 26 degrés. Huit sondes géothermiques d'une profondeur de 280 m sont utilisées comme source de chaleur ou pour le refroidissement du bâtiment. La pompe à chaleur fonctionne avec un COP de 10 ou supérieur. Le chauffage de 100 m² de surface de bâtiment ne nécessite plus que la même quantité d'électricité qu'une ampoule de 40 watts consommait autrefois, a expliqué Beat Wellig de la Haute école de Lucerne pour établir une comparaison claire. Graphique: Mettiss AG



Frédéric Bless, de l'Institut pour les systèmes énergétiques de la Haute école spécialisée de Suisse orientale, a montré à Berne pour quels processus industriels ou températures de processus des pompes à chaleur sont aujourd'hui disponibles. Photo: B. Vogel

(Haute école de Lucerne) a présenté à Berne un immeuble de bureaux et de commerces à Saint-Gall, chauffé par une pompe à chaleur avec un COP supérieur à 10 et refroidi avec un COP de 50. Cette efficacité exceptionnelle est obtenue grâce à une pompe à chaleur à faible course spécialement conçue qui fonctionne avec des températures sources élevées (ici 11 à 13°C) et une amorce de chauffage basse (ici 26 °C). Cette basse température de départ est suffisante, car la chaleur de

chauffage est transmise à l'air dans les pièces par des convecteurs.

Moyens de décarbonisation de l'industrie

Cordin Arpagaus, expert en pompes à chaleur haute température à la Haute école spécialisée de Suisse orientale (OST), a étudié la diffusion des grandes pompes à chaleur (>100 kW de puissance) pour l'industrie et les réseaux de chauffage ur-



L'Institut pour les systèmes énergétiques (IES) de la Haute école spécialisée de Suisse orientale (site de Buchs/SG) développe actuellement, dans le cadre d'un projet Innosuisse, une pompe à chaleur produisant de la vapeur (100 kW) qui doit mettre à disposition jusqu'à 148 grammes de vapeur pour les processus industriels (180 kg/h). Le butane est utilisé comme réfrigérant, le turbocompresseur comprime la vapeur d'eau et repose sur un palier à gaz sans huile. Photo: OST IES

LA MÉTHODE DU PINCEMENT

Si des pompes à chaleur sont utilisées dans des entreprises industrielles, les besoins en chauffage et en refroidissement, y compris les températures de processus effectivement nécessaires, doivent être soigneusement étudiés au préalable à l'aide d'une analyse basée sur la méthode du pincement. Dans le cas contraire, les pompes à chaleur risquent, dans le pire des cas, d'être utilisées comme « chauffage électrique » ou avec des pertes d'énergie inutiles ou un faible COP, a souligné Beat Wellig (HSLU) lors de la journée sur les pompes à chaleur à Berne. Wellig a montré, sur l'exemple d'une laiterie, que dans cette entreprise, 75% des besoins énergétiques pouvaient être couverts par une chaleur inférieure à 100°C et qu'il fallait donc fournir relativement peu de vapeur industrielle. Dans le cas étudié, cela permet de réduire les pertes d'énergie jusqu'à 46% et les émissions de CO₂ jusqu'à 66%.

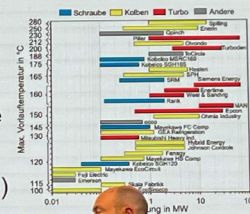
Übersicht zu Industrie- und Großwärmepumpen

Schlussfolgerungen

- **Hochtemperatur-Wärmepumpen (HTWP)** sind eine Schlüsseltechnologie zur Dekarbonisierung von Niedertemperatur-Prozesswärme in der Industrie
- **Industrie- und Großwärmepumpen sind zunehmend verfügbar** (Referenzen, Demonstrationsprojekte, Fallstudien siehe IEA HPT Annex 58)
- **Energieeinsparungen und CO₂-Emissionsreduktion** sind möglich
- **Marktattraktivität** hängt vom Verhältnis der Strom- zu Gaspreise und dem COP ab (Temperaturhub der Anwendung)
- **Trend zu natürlichen Kältemitteln** wie H₂O, CO₂, NH₃, Kohlenwasserstoffe und **synthetischer HFO/HCFO** mit niedrigem GWP
- **Forschung** in Richtung spezifische **Kreislaufdesigns, Dampferzeugung, Kältemitteloptimierung, und maßgeschneiderte Integrationskonzepte**
- **Herausforderungen:** Fallbeispiele für Industriewärmepumpen über 100 °C
- **Chancen:** Großwärmepumpen in thermischen Netzen (heute etwa 14%)

19 WP-Tagung Bern
26. Juni 2024

cordin.arpagaus@ost.ch



Cordin Arpagaus a réalisé une étude afin d'obtenir une vue d'ensemble du parc de pompes à chaleur industrielles et de grande taille en Suisse.
Photo: B. Vogel

bain. En Suisse, 150 à 300 unités de chaque ont été vendues ces dernières années – un chiffre faible si l'on considère que cette gamme de puissance présente un grand potentiel de décarbonisation. Pourtant, l'offre de pompes à chaleur haute température a doublé au cours des six dernières années. En règle générale, elles utilisent la chaleur résiduelle comme source de chaleur et fournissent de la chaleur industrielle. La demande est particulièrement forte dans les secteurs de la chimie/pharmacie, de l'alimentation et du papier, ainsi que pour l'approvisionnement des réseaux de chauffage urbain. Actuellement, selon une enquête réalisée au printemps 2024, seuls 14% des réseaux thermiques en Suisse tirent leur chaleur des grandes pompes à chaleur.

Les pompes à chaleur permettent d'économiser jusqu'à 80% d'énergie dans l'industrie et de réduire les émissions de CO₂ jusqu'à 90%, comme les chercheurs de l'OST peuvent le démontrer avec des exemples d'application. Pour Cordin Arpagaus, il existe encore un énorme potentiel pour les grandes pompes à chaleur: « Pour l'exploiter, il faut disposer d'une électricité moins chère. Nous avons besoin en outre d'ingénieurs capables d'intégrer de tels appareils dans les processus

existants. De plus, des mesures d'encouragement sont indispensables pour que cette technologie soit largement utilisée, comme l'aide prévue à partir de 2025 pour les pompes à chaleur de plus de 70 kW ». Aujourd'hui déjà, les grandes pompes à chaleur utilisent majoritairement des fluides frigorigènes naturels. Elles prennent ainsi les devants sur une tendance encore à peine tangible dans le cas des pompes à chaleur plus petites.

Exemple de bonnes pratiques dans l'industrie

Lors du congrès de Berne, des exposés et une session de posters ont présenté une série de projets de recherche sur les pompes à chaleur qui ont été, ou sont encore, réalisés avec le soutien de l'OFEN. Ils se réfèrent entre autres à des applications exemplaires de pompes à chaleur performantes, par exemple dans une usine de viande, une brasserie, une usine de transformation du lait ou une usine de fabrication de fromage végétalien. Reinhard Radermacher, professeur à l'université américaine du Maryland, avait déjà encouragé les chercheurs présents à la conférence spécialisée dans son discours d'introduction à ne pas se reposer sur les succès obtenus jusqu'à présent. Il plaide pour un nouvel esprit d'invention

afin de rendre les pompes à chaleur encore plus compactes, plus efficaces et plus conviviales.

Outre les questions techniques, les aspects réglementaires sont également importants pour la diffusion des grandes pompes à chaleur dans le secteur du bâtiment. Dans ce contexte, Pierre Christe, expert en pompes à chaleur auprès de l'OFEN, a annoncé que des discussions étaient actuellement en cours pour étendre aux grandes installations la garantie de performance telle qu'elle s'applique actuellement à l'installation de petites pompes à chaleur (jusqu'à une puissance de 15 kW). Il a également dispensé des informations sur les travaux de révision actuels de l'ordonnance sur la protection des eaux dans le but de créer des conditions cadres adéquates pour le stockage saisonnier de la chaleur dans le sous-sol et en particulier dans les eaux souterraines. Cette évolution est particulièrement importante pour les réseaux de chaleur afin d'encourager l'utilisation de pompes à chaleur et d'accumulateurs à long terme lors de la planification des réseaux de chauffage urbain.

- La **documentation** imprimée du 30e congrès du programme de recherche « Pompes à chaleur et technique du froid » de l'Office fédéral de l'énergie est disponible à la vente sur info@fws.ch.
- 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.
- 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.