

# DEUX SOURCES DE CHALEUR POUR LES GRANDS BÂTIMENTS

Les pompes à chaleur utilisent généralement la chaleur ambiante provenant d'une seule source. Un projet de recherche de la Haute école spécialisée de Suisse orientale démontre maintenant: il peut être utile, voire nécessaire, de recourir à la chaleur de deux sources, en particulier pour l'approvisionnement de grands bâtiments existants. Cela peut certes conduire à des installations plus complexes, mais dans de nombreux cas, cela présente des avantages énergétiques et également financiers.

Aujourd'hui, les nouvelles constructions utilisent principalement des pompes à chaleur pour le chauffage et l'approvisionnement en eau chaude. Ces systèmes sont également de plus en plus répandus dans les bâtiments existants et remplacent ainsi les systèmes de chauffage fossiles. Le principe de fonctionnement est toujours le même: les pompes à chaleur utilisent la chaleur ambiante contenue dans l'air extérieur, le sol ou la nappe phréatique et les lacs et la « pompent » jusqu'à la température utile souhaitée. Il est ainsi possible de produire trois à quatre fois plus de chaleur que l'électricité nécessaire au fonctionnement de la pompe à chaleur.

En règle générale, les pompes à chaleur utilisent une seule source de chaleur. Aujourd'hui, dans trois cas sur quatre, il s'agit de l'air ambiant. Dans la mesure du possible, on utili-

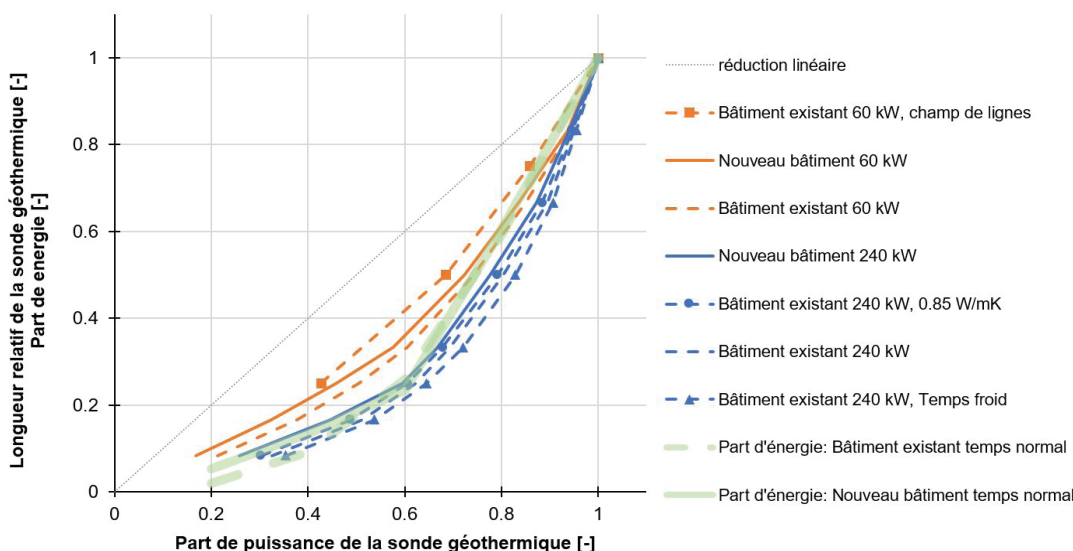


Un des deux blocs d'habitation du lotissement « Im Kehl » à Baden. Un système de chauffage par pompe à chaleur avec deux sources de chaleur y sera testé dans la pratique au cours des prochaines années. Photo: Lägern Wohnen

se si possible la géothermie pour les grandes constructions. Il peut toutefois arriver qu'une seule source de chaleur ne suffise pas, comme l'explique le professeur Carsten Wemhöner de la Haute école spécialisée de Suisse orientale (OST) : « Cela peut notamment être le cas pour les grands bâtiments existants avec des besoins en chaleur élevés et une puissance de chauffage supérieure à 50 kW, lorsque l'espace pour forer le nombre nécessaire de sondes géothermiques est insuffisant ou lorsque la profondeur de forage est limitée. La situation initiale est la même lorsque l'installation d'une pompe à chaleur à air extérieur suffisamment dimensionnée provoque trop de bruit ». Dans de tels cas, le recours à une deuxième source de chaleur peut être une solution: la source de chaleur supplémentaire compense la taille insuffisante du champ de sondes ou permet de construire la pompe à chaleur à air extérieur plus petite (et donc plus silencieuse).

### Le champ de sondes rétrécit de manière disproportionnée

Mais comment se présente concrètement l'interaction entre deux sources de chaleur pour l'alimentation d'un immeuble locatif? Et: le recours à une deuxième source est-il financable? Carsten Wemhöner et une équipe de recherche de l'OST ont étudié ces questions à l'aide de simulations de bâtiments et d'installations. Les simulations ont permis de reproduire des bâtiments résidentiels avec une charge calorifique comprise entre 60 et 240 kW (ce qui correspond à plusieurs dizaines d'appartements). Le projet de trois ans, soutenu par l'OFEN, s'est achevé à l'automne 2023.

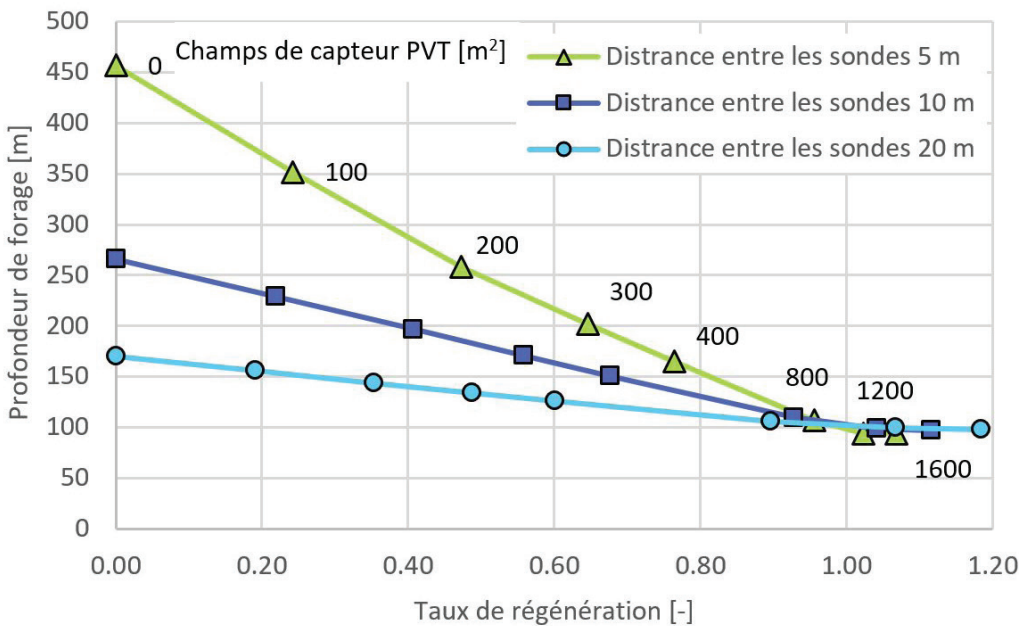


Le graphique représente, pour différents types de bâtiments, la quantité de sondes géothermiques nécessaires lorsque la totalité des besoins en chaleur d'un bâtiment n'est pas couverte par la géothermie (part de puissance de la sonde = 1), mais seulement une partie, soit par exemple 80% (part de puissance de la sonde = 0,8) ou seulement 50% (part de puissance de la sonde = 0,5). Les calculs des chercheurs de l'OST montrent que si seuls 80% des besoins en chaleur sont couverts par des sondes géothermiques, ce ne sont pas 80% de la longueur initiale des sondes qui sont nécessaires, mais bien moins. Si seulement 50% des besoins en chaleur sont couverts par des sondes géothermiques, il ne faut que 20 à 40% de la longueur initiale des sondes. Graphique: OST

## LES GRANDES PAC ONT ENCORE DU POTENTIEL

Les pompes à chaleur (PAC) sont très souvent utilisées dans les maisons individuelles, mais sont encore moins répandues dans les immeubles locatifs, surtout dans les bâtiments existants. C'est la conclusion que les chiffres de vente publiés chaque année par le Groupement professionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP) permettent de tirer. Sur les 41'000 pompes à chaleur vendues en 2022, 85% avaient une puissance comprise entre 5 et 20 kW, ce qui est typiquement nécessaire pour chauffer une maison individuelle. En revanche, les grandes pompes à chaleur d'une puissance comprise entre 50 et 350 kW, généralement nécessaires pour les immeubles locatifs, n'ont représenté que 2,3% des ventes. Même si cela ne permet pas de représenter entièrement le marché, la tendance se dessine clairement.

Le point de départ des calculs était un immeuble collectif de taille moyenne, alimenté jusqu'à présent par un chauffage au gaz et désormais chauffé par la chaleur ambiante. Pour couvrir les besoins en chaleur de cette maison, il faudrait une pompe à chaleur d'une puissance de chauffage d'environ 120 kW. Pour atteindre cette performance avec une pompe à chaleur géothermique, il faudrait 12 sondes géothermiques de 280 m de profondeur, espacées de 10 mètres les unes des autres. Mais la surface disponible pour le champ de sondes



Le graphique montre la relation entre la profondeur de forage et le taux de régénération lorsque les sondes géothermiques sont espacées de 5, 10 ou 20 mètres. Pour régénérer les sondes géothermiques, on utilise la chaleur des champs de capteurs PVT de différentes tailles, lesquels fournissent simultanément de l'électricité et de la chaleur. On constate que les restrictions en matière de profondeur de forage et d'espace pour les sondes peuvent être atténuées ou éliminées par des taux de régénération plus élevés, ce qui permet l'installation de pompes à chaleur. Graphique: OST

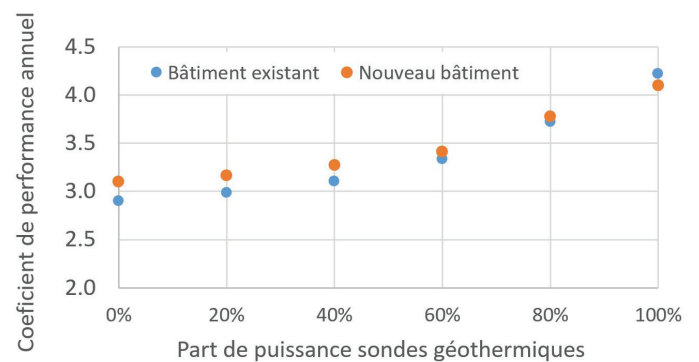
est souvent insuffisant dans les zones urbaines. Dans ce cas, comme le proposent les chercheurs de l'OST, la puissance de chauffage pourrait être répartie entre une pompe à chaleur géothermique et une pompe à chaleur à air extérieur, avec une puissance de chauffage de 60 kW chacune. Dans ce cas, la pompe à chaleur à air extérieur couvrirait les besoins de base, tandis que la pompe à chaleur géothermique serait utilisée uniquement pour les pics de besoins les jours de grand froid.

Avec cette double solution, la puissance nécessaire de la pompe à chaleur géothermique est réduite de moitié. Ce qui est intéressant ici: le champ de sondes correspondant peut être réduit non seulement de 50%, mais même de 75%, comme le montrent les calculs (voir figure p.2). Dans les faits, seules trois sondes géothermiques sont nécessaires pour faire fonctionner la pompe à chaleur géothermique de 60 kW. Wemhöner l'explique ainsi: « La puissance des sondes géothermiques est rarement sollicitée, tout en prélevant relativement peu d'énergie; de plus, le sol autour des sondes géothermiques peut mieux se régénérer ».

### Une deuxième source de chaleur régénère le sol

Dans un deuxième projet partiel, les chercheurs ont à nouveau étudié un système de chauffage mixte avec une pompe à chaleur géothermique et une deuxième source de chaleur (échangeur de chaleur à air, capteurs solaires, capteurs PVT). La deuxième source de chaleur sert en premier lieu à régénérer les sondes géothermiques, mais peut également être uti-

lisée pour couvrir directement les besoins en chauffage/eau chaude en cas d'excédent de chaleur. Par régénération, on entend la restitution d'une partie de la chaleur qui a été extraite de la terre pendant les mois d'hiver. Dans de nombreux cas, la régénération est nécessaire pour éviter le refroidissement à long terme du sol. Dans ce cas, la pompe à chaleur géothermique supporte la totalité de la charge de chauffage.

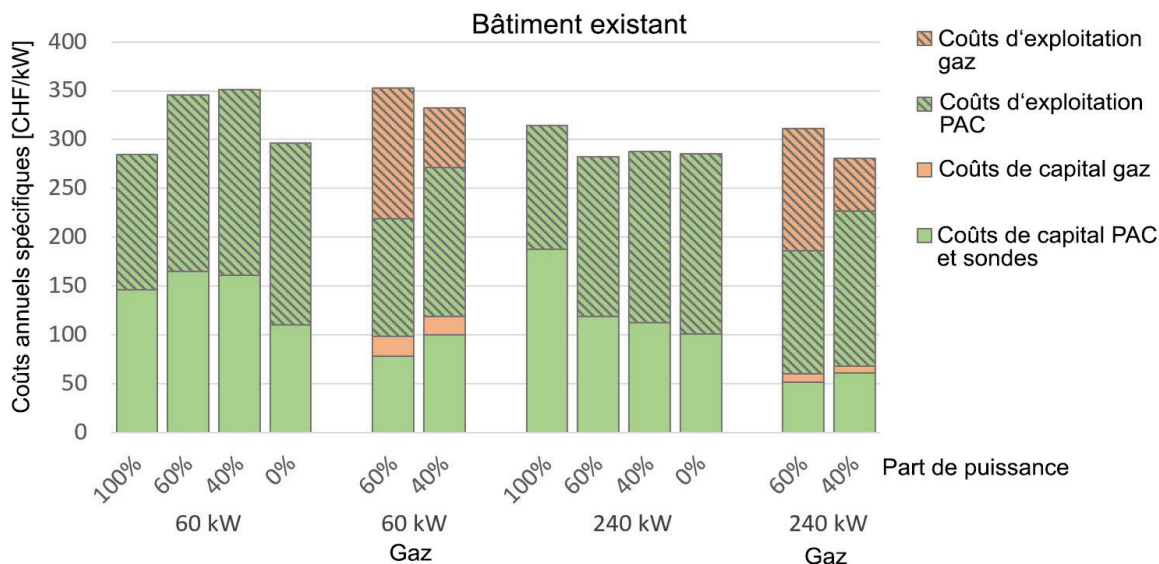


Le graphique montre l'efficacité (coefficient de performance annuel/COP) du système de pompe à chaleur - en fonction de la part de la charge de chauffage totale assumée par la pompe à chaleur géothermique. Si ce pourcentage est de 0%, toute la chaleur est fournie par une source d'air extérieur, le COP est alors d'environ 3. Si la pompe à chaleur géothermiques est utilisée pour couvrir les charges de pointe et couvre par exemple 40 ou 60% des besoins en chauffage, le COP augmente – le système de pompe à chaleur fonctionne donc plus efficacement. Le COP est le plus élevé pour une solution reposant exclusivement sur une pompe à chaleur géothermique (ce qui n'est toutefois souvent pas possible pour les immeubles locatifs en raison de contraintes spatiales). Graphique: OST





Ce lotissement de la coopérative « Lägern Wohnen » à Baden, datant de 1972, est composé de deux immeubles voisins de 28 appartements chacun (4180 m<sup>2</sup> de surface chauffée). Dans les années 1990, les bâtiments ont été légèrement rénovés (consommation de chaleur actuelle : environ 600 MWh/a). La chaudière à mazout (200 kW de puissance de chauffage) est désormais remplacée par deux pompes à chaleur du fabricant Bion Bauhaus, lesquelles utilisent deux sources de chaleur: à savoir les sondes géothermiques et l'air. En raison du terrain escarpé, seule la surface limitée du parking est disponible pour le forage d'un total de 14 sondes géothermiques. En outre, les sondes ne peuvent être forées qu'à 120 m de profondeur en raison d'un artésien (pression d'eau élevée) situé à 130 m de profondeur. Un échangeur de chaleur à air étendu fait office de deuxième source de chaleur. Le nouveau concept de chauffage avec deux pompes à chaleur sera testé de manière réaliste à partir de la fin de l'automne 2023 dans le cadre d'un projet pilote et de démonstration. Photo : Lägern Wohnen



Coûts par kW de puissance de chauffage pour deux grandeurs de chauffage, la puissance de chauffage étant fournie soit par une pompe à chaleur à deux sources (pompe à chaleur à air extérieur avec géothermie pour la couverture des charges de pointe), soit par une pompe à chaleur à air extérieur avec une chaudière à gaz pour la couverture des charges de pointe. Le graphique montre: les coûts de la solution monovalente avec une pompe à chaleur seule peuvent entraîner des coûts spécifiques inférieurs à ceux de la couverture de pointe par le gaz naturel (en fonction des prix du marché, prix du marché pour le graphique de juin 2022). En ce qui concerne les solutions de pompes à chaleur, les avantages économiques des sources uniques que sont les sondes géothermiques ou l'air se font sentir sur plage de puissance inférieure de 60 kW. Toutefois, les sources individuelles peuvent ne pas être réalisables en cas de restrictions. De plus, les coûts supplémentaires pour une solution à deux sources sont modérés, autour de 50 CHF/kW, et permettent un fonctionnement monovalent de la pompe à chaleur sans chauffage d'appoint. Pour des puissances plus importantes, les avantages en termes de coûts des différentes sources diminuent, voire présentent des coûts plus élevés, en particulier pour la source à sonde géothermique. Graphique : OST

Elle doit par conséquent être conçue pour la pleine puissance de la source de chaleur, soit environ 90 kW.

Le système à deux sources présente toutefois un autre avantage : grâce à la régénération du champ de sondes géothermiques, les sondes peuvent être forées de manière plus dense. Dans le cas présent, les calculs ont montré que, par exemple, l'utilisation d'une pompe à chaleur à sondes géothermiques avec un échangeur de chaleur à air supplémentaire d'une puissance de 60 kW permettrait de réduire le nombre de sondes de 12 à 8. Le principe est le suivant : plus l'énergie consacrée à la régénération du champ de sondes est importante, plus les sondes peuvent être rapprochées ou plus leur nombre peut être réduit. Les simulations montrent que l'optimum financier (coûts annuels les plus bas) est atteint avec un taux de régénération compris entre 60 et 80%.

### Deux sources parfois moins chères qu'une seule

Si les champs de sondes géothermiques peuvent être dimensionnés plus petits, cela facilite l'utilisation de pompes à chaleur dans les zones urbaines. D'un point de vue financier, les avantages sont également remarquables dans la mesure où le forage de sondes géothermiques est coûteux. Selon les calculs des chercheurs de l'OST, les économies réalisées sont si importantes qu'elles compensent, voire surcompensent, dans de nombreux cas les dépenses supplémentaires liées à l'utilisation de la deuxième source de chaleur. Pour le formuler simplement : un système à deux sources peut être plus avantageux sur le cycle de vie qu'un système à une seule source de chaleur. « Nous en tirons la conclusion qu'une solution de pompe à chaleur à deux sources pourrait également être utile pour les immeubles collectifs, même si ceux-ci peuvent être alimentés par une seule source », explique Wemhöner.

À partir de la fin de l'automne 2023, les simulations des scientifiques de l'OST seront vérifiées en situation réelle dans le cadre d'un projet pilote et de démonstration. À cette fin, deux immeubles d'habitation comprenant 56 appartements seront équipés d'un système de pompe à chaleur à deux sources, en collaboration avec l'entreprise de planification et de technique du bâtiment Amstein+Walthert, la coopérative Lägern Wohnen en tant que maître d'ouvrage et le fabricant de pompes à chaleur Bion Bauhaus. Un suivi sur trois périodes de chauffage permet d'analyser les performances du système. Un résultat favorable pourrait donner une impulsion importante à une utilisation plus large des pompes à cha-

leur dans les grands immeubles d'habitation et de bureaux existants. Aujourd'hui, les pompes à chaleur sont certes plus souvent combinées avec des chaudières à gaz pour une couverture de pointe, mais les solutions de pompes à chaleur pures avec deux sources de chaleur sont encore rares.

- Le **rapport final** du projet de recherche « HP source - Possibilités d'intégration des pompes à chaleur » est disponible sur: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=47519>
- Pour tout **renseignement**, veuillez contacter Stephan Renz ([info@renzconsulting.ch](mailto:info@renzconsulting.ch)), responsable externe du programme de recherche Pompes à chaleur et technologies du froid de l'OFEN.
- Vous trouverez plus d'**articles spécialisés** concernant les projets pilotes, de démonstration et les projets phares dans le domaine Pompes à chaleur et technologies du froid sur: [www.bfe.admin.ch/ec-pac-froid](http://www.bfe.admin.ch/ec-pac-froid)