



**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

# Projet

## Durabilité des pompes chaleur d'adsorption





## La meilleure alternative pour le chauffage et le refroidissement : exploiter la chaleur dissipée

À l'heure actuelle, une grande partie de la chaleur dissipée par les installations industrielles s'évapore encore dans l'air alors que, grâce à des pompes à chaleur dites d'adsorption, cette énergie pourrait être récupérée et utilisée. Des chercheuses et chercheurs de l'Institut Paul Scherrer viennent de procéder à une évaluation complète de l'impact environnemental et de la rentabilité économique de ces systèmes et les ont comparés aux solutions de chauffage existantes.



La chaleur issue des installations de chauffage à granulés de bois peut également être amplifiée grâce à une pompe à chaleur d'adsorption, pour un usage plus efficace et plus respectueux de l'environnement. *Source* : iStock





## En un coup d'œil

- Les pompes à chaleur dites d'adsorption pourraient à l'avenir contribuer à une utilisation plus efficace de l'énergie thermique en récupérant la chaleur dissipée par les usines ou les centres de calcul.
- Des chercheuses et chercheurs de l'Institut Paul Scherrer ont soumis ces installations à une évaluation de durabilité. Ils ont entre autres étudié leur impact sur l'environnement, les risques pour les humains et les coûts associés. Les pompes à chaleur d'adsorption se sont révélées comparativement meilleures que les systèmes de chauffage traditionnels, tels que les chaudières à gaz ou à granulés de bois, ou les pompes à chaleur à compression classiques.
- En Suisse, l'emploi de ce type d'équipements dans un certain nombre de scénarios étudiés dans le cadre de ce projet, permettrait de réduire les émissions de gaz à effet de serre de jusqu'à 5 % par rapport à un système énergétique ne recourant pas à ces scénarios.



La Stratégie énergétique 2050 de la Suisse exige une baisse des émissions de CO<sub>2</sub> dans les années à venir. Un des moyens d'y parvenir est une utilisation plus efficace de la ressource que représente la chaleur. En effet, le chauffage de nos bâtiments, la production d'eau chaude et les processus industriels de séchage ou de fusion de matériaux représentent la moitié de la consommation totale d'énergie de notre pays. Or, cette énergie est encore majoritairement issue de ressources fossiles, comme le pétrole et le gaz naturel.

L'énergie thermique pourrait désormais être utilisée de manière plus efficace, notamment en récupérant et en réutilisant davantage de chaleur dissipée et ce, grâce aux pompes à chaleur dites d'adsorption. À l'instar des pompes à chaleur à compression traditionnelles, ces systèmes sont capables de capter la chaleur et de l'amplifier. Contrairement à leurs homologues traditionnelles, elles ne consomment presque pas d'électricité car elles utilisent de la chaleur en guise de source d'énergie. Le processus est opérationnel à partir d'une température d'entrée de 35 à 60°C. Les pompes à chaleur d'adsorption pourraient par exemple exploiter la chaleur dissipée par les usines et les centres de calcul, ou bien l'énergie thermique renouvelable issue des installations solaires. Jusqu'à présent, leur impact sur l'environnement et leur rentabilité économique n'avaient encore jamais été évalués. Des chercheuses et chercheurs du Technology Assessment Group de l'Institut Paul Scherrer (PSI) ont remédié à cela en élaborant une évaluation de durabilité complète.

Ils ont réalisé d'une part un écobilan en analysant l'intégralité du cycle de vie d'une pompe à chaleur d'adsorption, de sa fabrication à son élimination, en passant par son exploitation. D'autre part, ils ont établi une comptabilité détaillée des coûts. « Grâce à ces évaluations, nous avons défini une base de décision en vue de la future introduction de ces installations », affirme Peter Burgherr, le responsable du projet. « Les avantages et les inconvénients des différentes stratégies de déploiement peuvent ainsi être identifiés. En outre, les installations peuvent être comparées aux technologies en place. »



## Première étape : l'impact d'une seule installation

Les chercheuses et chercheurs ont commencé par déterminer l'impact environnemental d'une pompe à chaleur unique, apte à être commercialisée. Ils se sont basés sur les caractéristiques techniques d'un nouveau prototype, mis au point par des collègues du projet conjoint. Les chercheuses et chercheurs du PSI ont extrapolé le prototype à une installation prête à être commercialisée, qu'ils ont ensuite examinée en fonction de différents critères, tels que les émissions de CO<sub>2</sub>, la consommation d'énergie, les dommages environnementaux causés par l'extraction de métaux (la pompe à chaleur comprend de l'acier, de l'aluminium, du cuivre et du laiton) ou les effets sur la santé humaine, par exemple en raison des accidents potentiels. L'impact environnemental s'est révélé globalement très limité. L'installation n'émet par exemple quasiment pas de CO<sub>2</sub>. Les dommages les plus importants sont causés par l'extraction des métaux nécessaires, suivie de l'électricité utilisée tout au long de la chaîne de production.

Les coûts de l'énergie produite par la pompe à chaleur d'adsorption sont également clairs. Ils s'élèvent à environ huit centimes par kilowattheure – à condition que la chaleur dissipée utilisée soit gratuite et ne doive pas être achetée séparément. À titre de comparaison, les consommateurs suisses paient actuellement leur électricité entre 5 et 27 centimes par kilowattheure selon la commune.

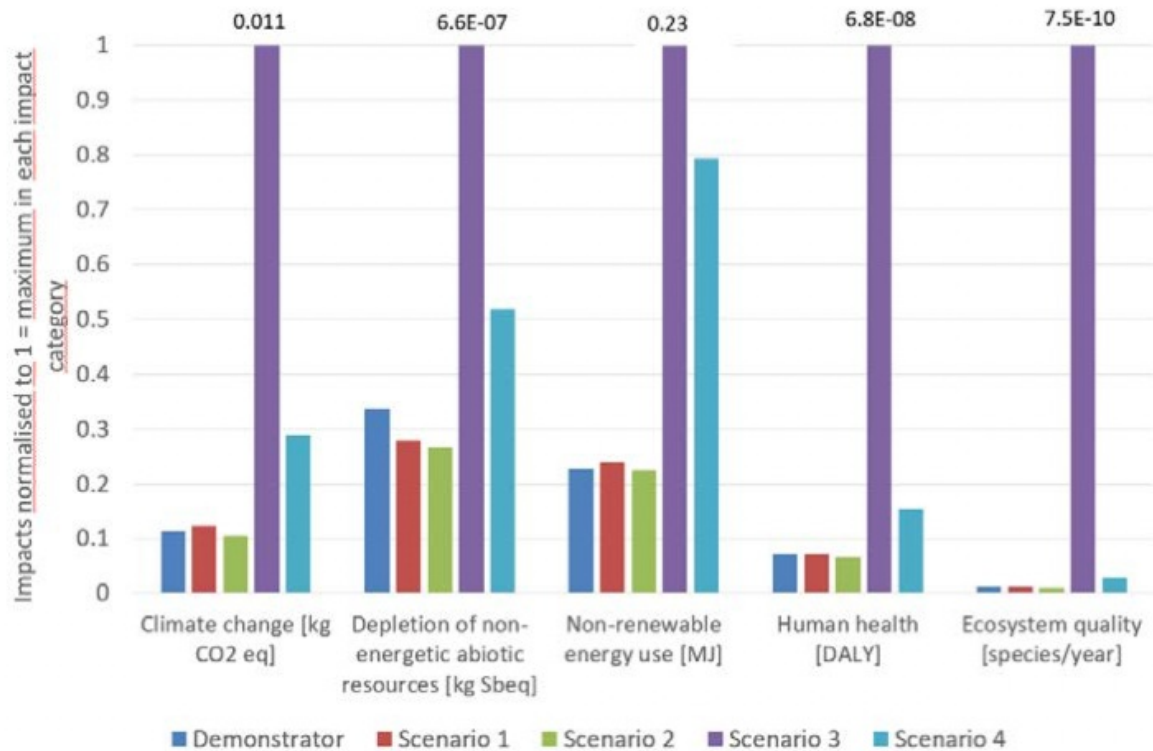


## Application pratique

Pour étendre leur évaluation aux systèmes utilisés dans la pratique, l'équipe de recherche du PSI s'est référée à quatre scénarios d'application concrets, élaborés dans le cadre d'un sous-projet distinct :

1. Utilisation de la chaleur dissipée par l'industrie pour le chauffage par l'intermédiaire de conduites de chaleur à distance. Un système central valorise la chaleur dissipée par des installations industrielles pour atteindre une température appropriée pour le réseau de chauffage urbain.
2. Distribution de la chaleur pour un chauffage plus efficace sur le plan énergétique via des conduites de chaleur à distance. Dans ce cas, des pompes à chaleur raccordées directement aux différents bâtiments assurent une température de chauffage appropriée à partir de la température issue du réseau de chauffage à distance, afin d'utiliser l'énergie thermique le plus efficacement possible.
3. Adaptation de chauffages à granulés de bois. Couplée à un chauffage à granulés de bois, l'installation adapte la chaleur produite aux besoins : pour les bâtiments modernes avec plancher chauffant, elle abaisse la température de chauffage ; pour les maisons plus anciennes dotées de radiateurs, elle peut accroître la chaleur. Ce scénario assure également une utilisation plus efficace de la chaleur, indépendamment des conduites de chauffage urbain centralisées.
4. Refroidissement d'un centre de calcul. Tout comme leurs homologues conventionnelles, les pompes à chaleur d'adsorption sont réversibles et peuvent donc aussi servir au refroidissement – et ce, avec leur propre chaleur dissipée, de sorte qu'aucune énergie supplémentaire n'est nécessaire.

Pour chacun de ces scénarios, les chercheuses et chercheurs du PSI ont alors déterminé la taille et la puissance des installations correspondantes. Ils ont ensuite extrapolé les influences précédemment identifiées en fonction de la puissance déterminée. Conclusion : en termes d'impact environnemental, les résultats des scénarios 3 et 4 sont légèrement moins bons que ceux des deux premiers scénarios. Dans le scénario 3, le chauffage à granulés de bois implique une consommation nettement supérieure d'énergie non renouvelable et des émissions de CO<sub>2</sub> plus importantes. Dans le scénario 4, la consommation d'électricité supérieure entraîne des dommages environnementaux légèrement plus importants que dans les scénarios 1 et 2.



Le graphique montre l'impact environnemental des pompes à chaleur d'adsorption dans les quatre scénarios étudiés : les deux premiers scénarios sont particulièrement respectueux de l'environnement, car la pompe à chaleur est raccordée à un réseau de chauffage à distance existant. Burgherr et al. 2018

## Une alternative de choix

Dans l'ensemble, les pompes à chaleur d'adsorption se révèlent beaucoup plus performantes que d'autres systèmes de chauffage bien établis, comme les chaudières au gaz naturel et à granulés de bois, ou les pompes à chaleur classiques qui puisent la chaleur dans le sol. C'est ce qui ressort d'une analyse comparative complète, prenant en compte l'impact environnemental et les coûts des systèmes, mais aussi leur influence sociale, par exemple en termes d'acceptation des technologies par la population.

Dans ce comparatif, les pompes à chaleur d'adsorption se sont révélées à tous points de vue nettement plus avantageuses, notamment lorsqu'il s'agit d'exploiter la chaleur dissipée par des installations de grande envergure, telles que des usines, au profit d'un réseau de chauffage à distance (scénario 1). Mais même pour des systèmes décentralisés plus petits, tels qu'un système de chauffage pour un immeuble d'habitation (scénario 3), la pompe à chaleur d'adsorption fait mieux que tous les systèmes de chauffage comparables, et ce pour l'ensemble des critères examinés.



## Energie

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

Pour finir, les chercheuses et chercheurs ont voulu chiffrer l'évolution du paysage énergétique suisse qu'entraînerait une diffusion plus large des pompes à chaleur d'adsorption. Leurs calculs ont révélé un potentiel de taille : la mise en application d'ici 2050 des quatre scénarios examinés dans le cadre du projet permettrait à elle seule de diminuer les émissions de CO<sub>2</sub> d'environ 5 % en Suisse. Selon le paysage énergétique, cela représente de 500 000 à 800 000 tonnes de CO<sub>2</sub> qui ne seraient pas rejetées dans l'atmosphère.





## Produkte aus diesem Projekt

- Poster : Heat utilization with solid sorption technology  
Date de publication: 15.04.15
- Project THRIVE : Heat utilisation with solid sorption technology  
Date de publication: 26.07.15
- Bilderfundus zum Verbundprojekt  
Date de publication: 30.11.-1
- Nutzen statt wegwerfen : « THRIVE » nimmt Abwärme ins Visier  
Date de publication: 22.07.15
- Konferenzpräsentation : K. Treyer (2019) Small adsorption heat pump – big impact in the Swiss energy system : Sustainability assessment. Life Cycle Management (LCM) Conference 2019, Poznan (PL), 02.09.2019.  
Date de publication: 02.09.19
- PSI-Fachwissen stärkt Forschung für die Energiewende  
Date de publication: 05.02.15



**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

## Team & Kontakt

Dr. Peter Burgherr  
Paul Scherrer Institut  
Forschungsstrasse 111  
5232 Villigen PSI

+41 (0)56 310 26 49  
[peter.burgherr@psi.ch](mailto:peter.burgherr@psi.ch)



Peter Burgherr  
Direction de projet



Warren Schenler



Karin Treyer

Le contenu de ce site représente l'état des connaissances au 17.12.2018.