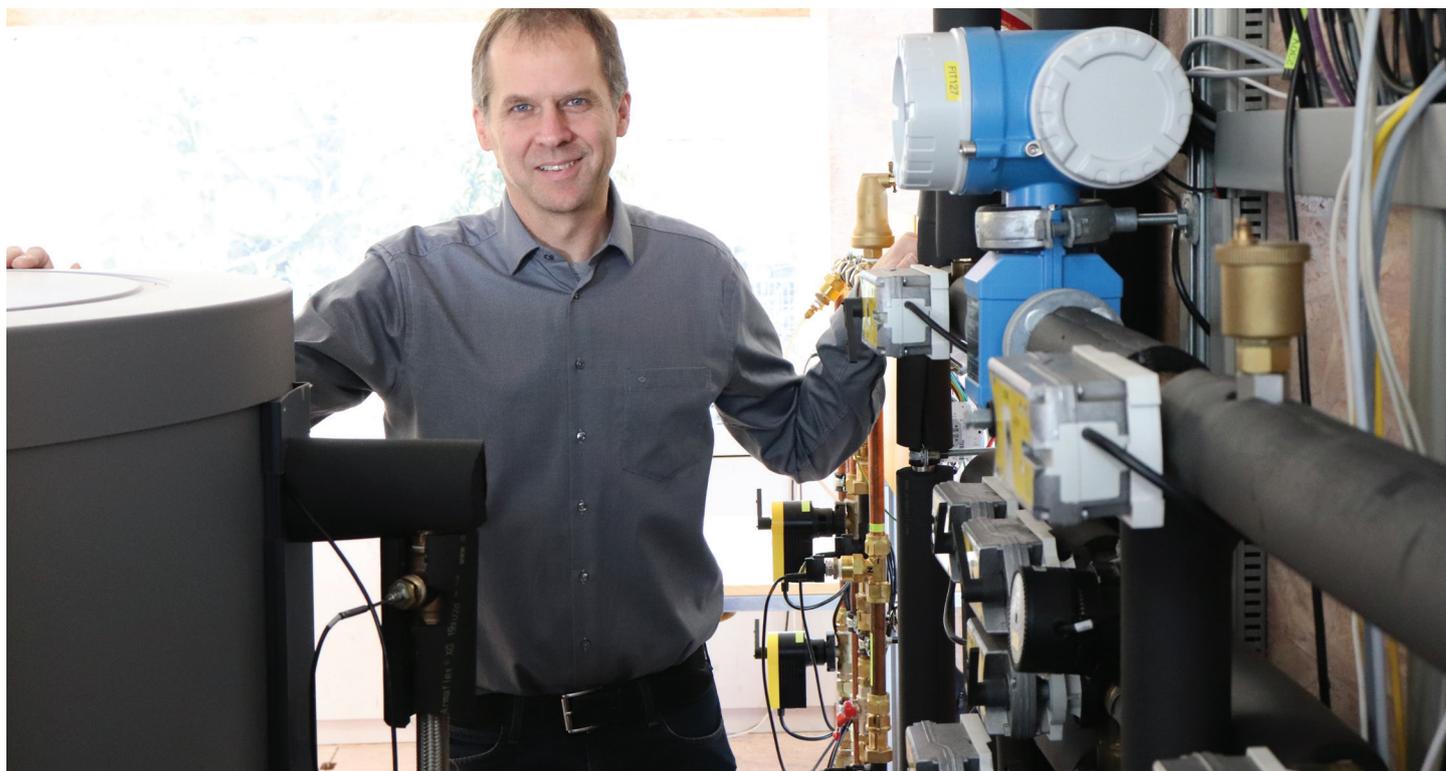


LA POMPE À CHALEUR SUIT LE COURS DU SOLEIL

La majeure partie des nouvelles constructions en Suisse est aujourd'hui équipée d'une pompe à chaleur pour la production de chaleur de chauffage et d'eau chaude. Un tel appareil est installé dans environ un bâtiment existant sur quatre lors de l'assainissement. Les pompes à chaleur sont ainsi l'alternative favorite aux chauffages au gaz ou au mazout qui sont des combustibles d'origine fossile. Un projet de recherche de la Haute école spécialisée du Nord-ouest de la Suisse à Muttenz (BL) a désormais analysé différentes manières de favoriser la production de chaleur avec des pompes à chaleur dans des maisons individuelles et des petits immeubles à l'aide de l'énergie solaire. La tendance est actuellement à l'utilisation de sa propre électricité photovoltaïque.



Le chercheur de la FHNW Ralf Dott (photo) et ses collègues n'ont pas étudié des systèmes de pompes à chaleur uniquement sur la base de simulations mais également au laboratoire de la Haute école de Muttenz. Une pompe air/eau (6 kW_{th}), une installation PV (5 kW_p) et une batterie (kWh) y sont installés. Le groupe extérieur de la pompe à chaleur qui soustrait la chaleur de l'air est installé dans une chambre climatisée de la cave. Celui-ci génère les températures ambiantes souhaitées pendant les périodes de mesure comme elles sont susceptibles de survenir au cours de l'année. D'autres informations indispensables pour les analyses (profil de courant du foyer, profil de consommation d'eau chaude, données météorologiques) ont été émulées en tant que conditions aux limites. Photo: B. Vogel

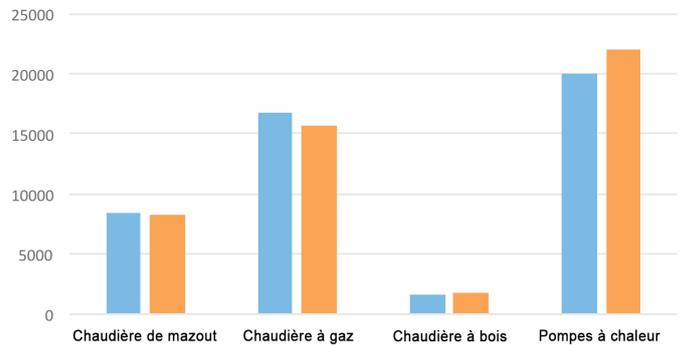
Au mois de mai 2017, les membres votants ont adopté la nouvelle loi sur l'énergie. Ils ont ainsi voté pour plus d'énergies renouvelables et une meilleure efficacité énergétique. Les positions politiques développent généralement leur effet petit à petit. Les effets positifs sont déjà concrets dans le domaine des pompes à chaleur. Les pompes à chaleur exploitent la chaleur contenue dans l'air, la terre et dans l'eau souterraine pour fournir de la chaleur de chauffage et de l'eau chaude, mais également de l'énergie de refroidissement, en utilisant du courant électrique pour le fonctionnement d'un compresseur. Puisqu'elles fonctionnent sans sources d'énergie fossiles comme le mazout et le gaz, elles répondent aux objectifs de la politique énergétique actuelle.

La vente de pompes à chaleur a nettement augmenté après l'année électorale 2017: environ 22'000 pompes à chaleur ont été écoulées en Suisse en 2018, ce qui correspond à une augmentation de 10% par rapport à l'année précédente. Il s'agit d'un résultat remarquable car, depuis l'année record 2008 (20'670), les ventes tendaient à la baisse. «Un événement ne peut pas expliquer à lui seul ce retournement de tendance», affirme Stephan Peterhans, directeur de du Groupement professionnel suisse pour les pompes à chaleur (GSP), «mais le débat politique au sujet de l'énergie et la loi sur le CO₂ a donné un nouvel élan à l'utilisation des pompes à chaleur. A cela s'ajoute qu'entre-temps, pratiquement tous les cantons ont des programmes de développement pour les pompes à chaleur.»

Exploitation au courant solaire

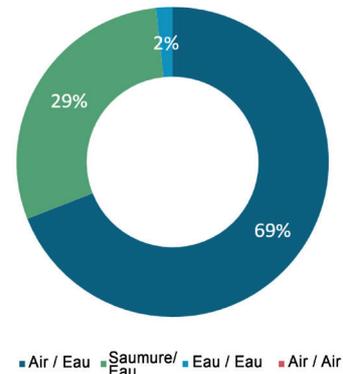
Les pompes à chaleur se basent sur une technologie éprouvée. Le potentiel visant à une alimentation énergétique durable n'est cependant pas encore épuisé. Un exemple consisterait à recourir directement au courant solaire pour l'exploitation de pompes à chaleur en complément du courant du secteur. Un exemple réaliste illustre l'importance du courant solaire dans ce contexte: pour sa maison individuelle (150 m² de surface habitable), la famille Huber consomme chaque année 10'000 kWh pour le chauffage et l'eau chaude. La chaleur est générée par une pompe air-eau-chaleur (puissance de chauffage 7 kW), ce qui implique l'utilisation de 3000 kWh de courant électrique. La maison des Huber est équipée d'une installation photovoltaïque (5 kW_p) qui fournit 5000 kWh par an et d'une batterie d'une capacité de 5 kWh. L'électricité verte est toujours utilisée pour le fonctionnement de la pompe à chaleur dans la mesure du possible, mais également pour le courant domestique (besoins annuels: 3000 kWh).

Installations de chauffage vendues en Suisse (comparaison 2017/18)



En 2018 (orange), les ventes de pompes à chaleur ont augmenté de pratiquement 10% par rapport à 2017. En revanche, les ventes de chauffages au mazout et au gaz ont reculé. Graphique: GSP

Ventes de pompes à chaleur par source d'énergie



Au moins deux tiers des pompes à chaleur installées en Suisse puisent la chaleur dans l'air, le tiers restant la prise dans la terre. Graphique: GSP

Les chiffres indiquent: sur une année, l'installation PV relativement petite produit plus d'électricité que la pompe à chaleur n'en consomme. Dans la mesure où le courant solaire n'est pas produit sur les périodes habituelles de fonctionnement de la pompe à chaleur, la pompe à chaleur de la famille Huber fonctionne souvent avec l'électricité du secteur. Un système de gestion de l'énergie permet de changer ce qui est aujourd'hui coutume: une régulation intelligente pourrait permettre d'augmenter la consommation propre de l'électricité photovoltaïque en programmant les heures de service de la pompe à chaleur sur les périodes de rendement PV. Une équipe de l'Institut de l'énergie dans la construction (IEBau) de la Haute école spécialisée du Nord-ouest de la Suisse (FHNW) a aujourd'hui étudié les effets de tels systèmes de gestion de l'énergie et par quelles contraintes ils sont influencés. L'étude financée par l'Office fédérale de l'énergie s'est terminée fin 2018.

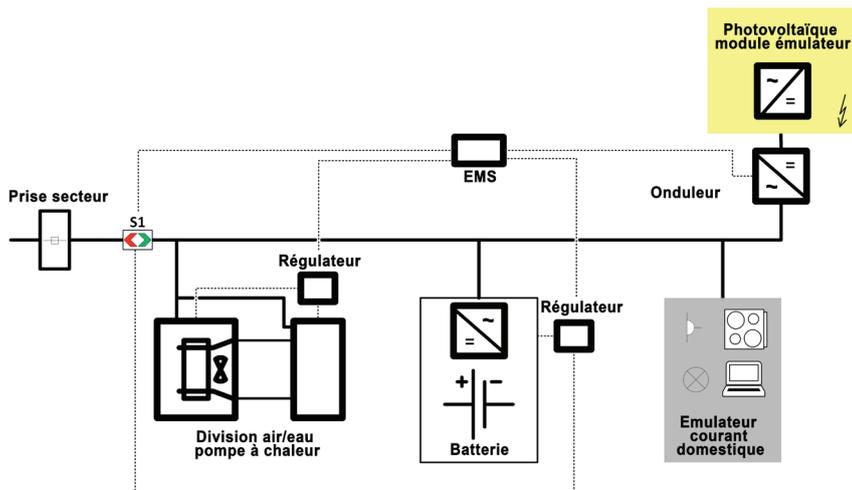


Schéma de principe de la structure de mesure pour un système complet d'une pompe air/eau alimentée en courant (entre autres) par une installation photovoltaïque, et des charges électriques émuloées du foyer, en tenant compte d'une batterie pour le stockage intermédiaire du courant photovoltaïque. EMS est un système de gestion de l'énergie qui régule la pompe à chaleur en fonction de la production d'électricité PV. Graphique: Rapport final LEWASEF

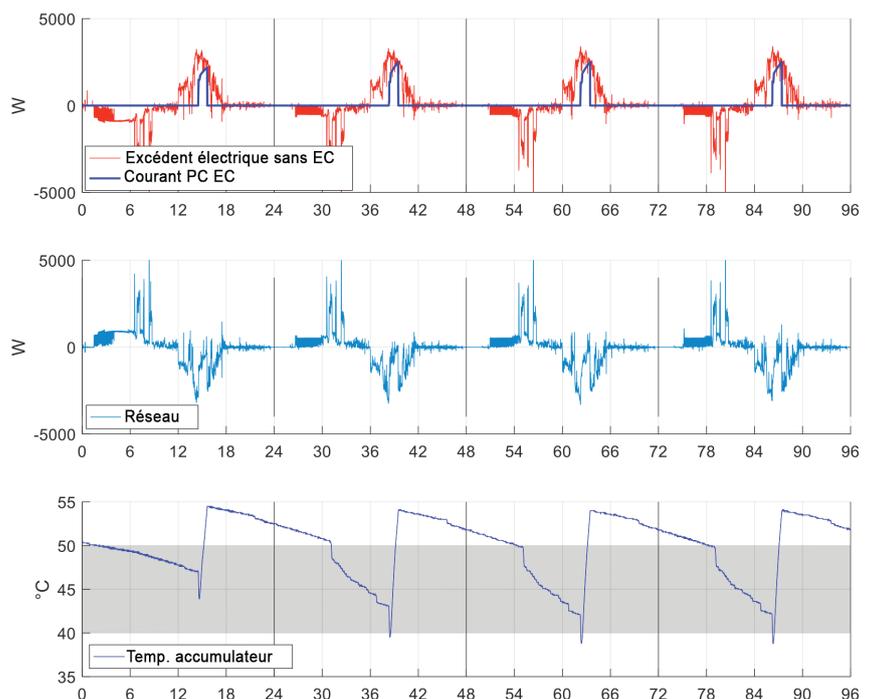
Réduire le recours au réseau

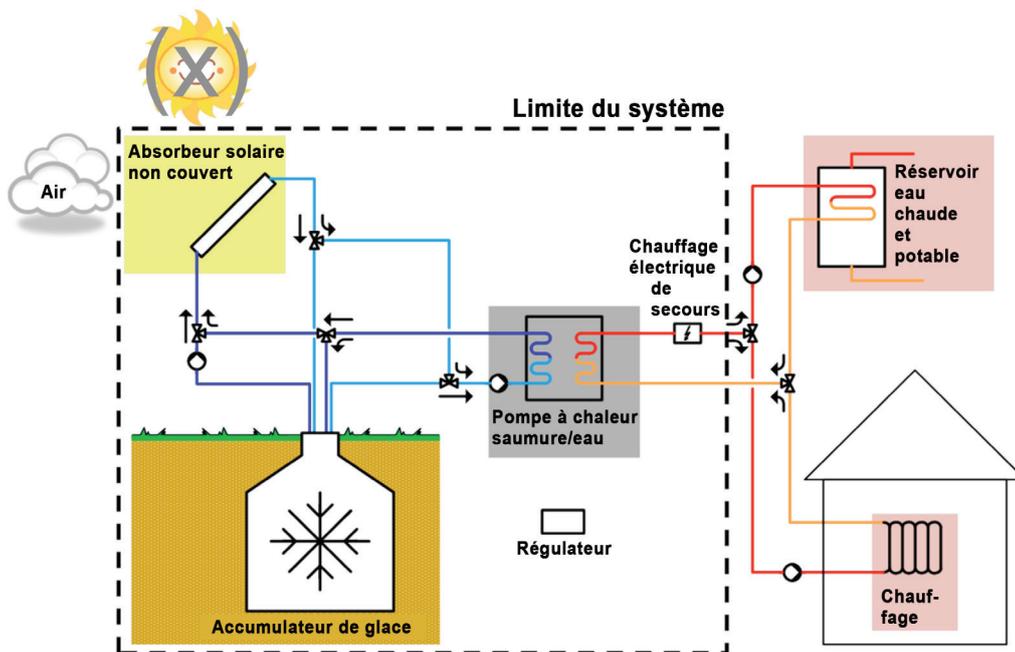
Un résultat central de l'étude: si la pompe à chaleur est exploitée par une régulation intelligente lors de la production d'électricité PV, le prélèvement de courant de secteur dans la maison peut être réduit jusqu'à 3 points de pourcentage grâce au changement de fonctionnement de la pompe à chaleur. Le courant PV permet ainsi d'augmenter le degré d'autonomie de 47 à 50%. L'exemple susmentionné en chiffres absolus: au lieu de 2820 kWh, 3000 des 6000 kWh d'électricité que le foyer consomme au cours de l'année, provient de l'installation PV. Pour atteindre cette augmentation du degré d'autonomie, une des mesures consiste à chauffer le réservoir d'eau chaude plus fortement qu'habituellement

(55 au lieu de 50 °C) avec une production d'énergie solaire élevée en sachant que cette mesure est liée à de plus grandes pertes de chaleur et une réduction du niveau d'efficacité de la pompe à chaleur.

«Du point de vue du client, une réduction de 3% du prélèvement sur le secteur est relativement faible et n'est pas une motivation financière efficace», affirme le directeur de l'étude Ralf Dott et ajoute: «La situation est différente en adoptant une autre perspective, par exemple celle de l'exploitant du réseau: si un grand nombre de foyers augmentait son autonomie, cela pourrait sensiblement délester le réseau de distribution.» Selon le chercheur de la FHNW, l'étude est per-

Données issues de la campagne de mesure de quatre jours réalisée sur un système de chauffage dont la pompe à chaleur est alimentée, entre autres, avec du courant solaire: le graphique du haut montre que l'après-midi, l'installation PV produit plus d'électricité que le foyer n'en consomme (courbe rouge). Une partie de ce courant est alors utilisée pour l'exploitation de la pompe à chaleur (courbe bleue). Le graphique du milieu montre que l'installation PV injecte du courant dans le réseau l'après-midi et ce, également lorsque l'électricité PV est utilisée pour l'exploitation de la pompe à chaleur. Graphique: Rapport final LEWASEF



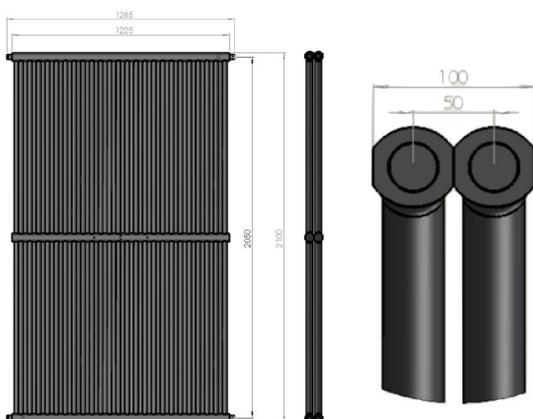


Programme d'essai lors duquel les scientifiques de la FHNW alimentent la pompe à chaleur avec de la chaleur issue d'un absorbeur solaire (absorbeur tubulaire non couvert) et d'un accumulateur de glace. Ce faisant, l'accumulateur de glace fait simultanément office d'accumulateur de chaleur solaire. Illustration: Rapport final LEWASEF

tinente pour les maisons individuelles mais également pour les petits immeubles comprenant jusqu'à dix logements. Selon Dott, l'augmentation de l'autonomie s'avère souvent plus simple et plus conséquente dans les immeubles composés de plusieurs logements car la consommation d'eau chaude est plus équilibrée sur la durée en raison du plus grand nombre d'utilisateurs.

L'accumulateur de glace

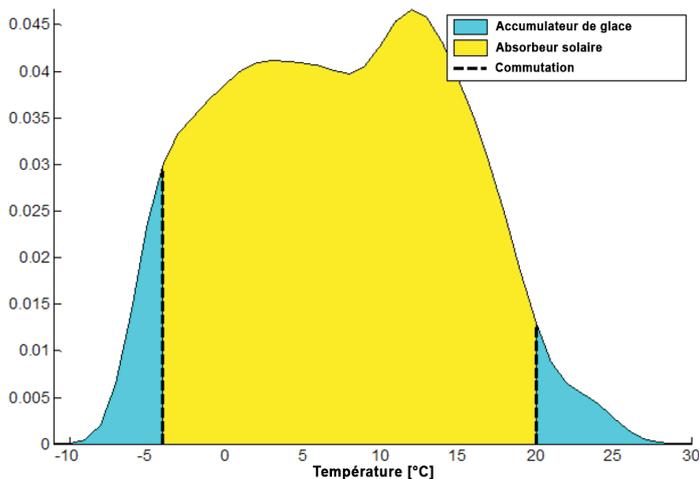
Dans la seconde partie de l'étude, l'équipe de chercheurs de la FHNW a examiné un système de chauffage dans lequel



L'absorbeur solaire utilisé au cours de l'étude se compose d'un système de tubes en plastique. L'absorbeur absorbe en premier lieu la chaleur de l'air ambiant par convection et seulement une petite partie à partir des rayons du soleil. Illustration: Rapport final LEWASEF

la pompe à chaleur utilise la chaleur solaire. Ce faisant, la pompe à chaleur est alimentée en chaleur à la fois par un absorbeur solaire tubulaire et par un accumulateur de glace: un système utilisé dans certains cas isolés en réalité. L'absorbeur solaire absorbe la chaleur de l'environnement par convection tandis que l'accumulateur de glace stocke la chaleur excédentaire de l'absorbeur solaire et absorbe en outre une quantité de chaleur considérable de la terre qui l'entoure (cf. zone texte p. 5).

Un accumulateur de glace peut absorber beaucoup de chaleur lors de la phase de transition entre la glace et l'eau (processus de fonte). À l'inverse, une grande quantité de chaleur peut s'échapper pendant le givrage. Dans le contexte de cette particularité physique, l'utilisation d'accumulateurs de glace pour le stockage de la chaleur solaire et géothermique fait depuis longtemps l'objet de discussions, bien que cette chaleur puisse être utilisée dans une pompe à chaleur en cas de besoin. Les chercheurs de la FHNW mettent aujourd'hui en garde contre les attentes excessives. L'importance de l'accumulateur de glace est en effet relativisée par le fait qu'une grande partie de la chaleur que la pompe absorbe n'est pas stockée dans l'accumulateur de glace mais arrive dans la pompe à chaleur à partir de l'air ambiant en passant par l'absorbeur solaire (cf. graphique p. 5). Seule une petite partie de la chaleur effectivement issue du réservoir de glace provient directement du processus de givrage; la plus grande partie passe directement du sol à la pompe à chaleur, c'est-à-dire sans stockage intermédiaire dans le réservoir de glace.



Le graphique montre que l'accumulateur de glace alimente la pompe en chaleur uniquement lorsque l'air ambiant est très froid et relativement chaud. La pompe à chaleur soustrait la majeure partie de la chaleur à partir de l'absorbeur solaire. Graphique: Rapport final LEWASEF

Les chercheurs de Muttenz remettent-ils complètement l'accumulateur de glace en question? Ralf Dott ne veut pas aller si loin: «Un système de pompes à chaleur avec utilisation d'un accumulateur de glace est à peu près aussi efficace qu'un système qui utilise la chaleur géothermique avec des sondes géothermiques, entre autres parce que l'accumulateur de glace assure une température source minimum. Par conséquent, les accumulateurs de glace peuvent être judicieux dans les zones où les forages pour sondes géothermiques sont impossibles. La condition préalable est que le réservoir de glace puisse être construit à un coût raisonnable. Selon Dott, c'est tout à fait possible en Allemagne mais difficile en Suisse.

Les solutions PV sont au goût du jour

L'étude FHNW a examiné les pompes à chaleur en relation avec des installations PV, des capteurs solaires et des capteurs PVT (production simultanée de chaleur et d'électricité). Les résultats sur l'utilisation de l'énergie solaire devraient particulièrement attirer l'attention du grand public. L'utilisation de l'électricité photovoltaïque pour faire fonctionner les pompes à chaleur est tendance, affirme Stephan Peterhans, directeur du GSP: «Notre association professionnelle lance actuellement un projet avec lequel nous voulons favoriser des solutions faisant appel à l'énergie solaire, aux batteries et aux systèmes de gestion de l'énergie pour la régulation de

ACCUMULATEUR DE GLACE

L'accumulateur de glace, sur lequel les chercheurs de la Haute école d'ingénierie de Muttenz ont basé leur étude, se compose d'un réservoir d'eau d'une contenance de 10 m³ logé dans la terre. Pendant l'exploitation, la température de l'eau oscille entre 0 à 15 °C. Normalement, les températures tournent autour de 0° C dans l'accumulateur de glace car l'idée de base de l'accumulateur est de saisir le changement de phase, c'est-à-dire la loi physique selon laquelle l'eau absorbe beaucoup de chaleur en fondant et, à l'inverse, dégage beaucoup de chaleur en givrant. Pendant le processus de givrage, aucun bloc de glace fermé ne se forme dans le réservoir de glace, mais des cristaux de glace se forment sur une tubulure installée dans le réservoir de glace.

Il serait envisageable de ne pas exploiter un accumulateur de glace avec de l'eau mais avec un fluide présentant un point de fusion plus élevé que l'eau, par ex. des sels hydratés ou de la paraffine (point de fusion 2 ou 5 °C). Les scientifiques de la Haute école d'ingénierie n'y voient cependant aucun avantage: leur étude démontre en effet que l'utilisation d'un autre fluide ne permettrait pas d'obtenir une meilleure efficacité du système pour ce cas d'application car une grande partie de la chaleur provient de la terre environnante et pas de la transition entre les phases de la glace à l'eau. En choisissant un fluide avec un point de fusion supérieur à 0 °C, le gain de chaleur à partir de la terre pourrait être amoindri. BV

l'électricité PV et élaborer des recommandations de planification et d'action appropriées.»

- Stephan Renz (info[at]renzconsulting.ch), directeur du programme de recherche de l'OFEN Pompes à chaleur et froid, communique des **informations** concernant ce projet.
- Vous trouverez d'autres **articles spécialisés** concernant les projets de recherche, les projets pilotes et de démonstration ainsi que les projets phares dans le domaine pompes à chaleur et froid sur www.bfe.admin.ch/ec-pac-froid.