

Deux possibilités pour obtenir l'eau chaude sanitaire solaire

Un propriétaire occupant souhaite un réchauffement solaire de son eau sanitaire – par exemple pour remplacer son chauffe-eau électrique ou pour compléter un chauffage à bois. Il a le choix entre des capteurs solaires et la combinaison d'une installation photovoltaïque couplée au réseau et d'une pompe à chaleur. Quel système est le plus avantageux ? Une comparaison de technologies élaborée par le centre écologique de Langenbruck avec trois institutions scientifiques partenaires, fournit la réponse : du point de vue énergétique et économique, le système de pompes à chaleur est de même valeur que les capteurs solaires et même avantageux au regard des revendications actuelles. Les avantages et les inconvénients doivent être considérés avant chaque application concrète.



Michael Sattler, du centre écologique de Langenbruck, est l'auteur de l'étude pour la comparaison des technologies relatives au réchauffement solaire de l'eau chaude sanitaire. Photo : Centre écologique

Dr. Benedikt Vogel, sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)

Aujourd'hui, les propriétaires immobiliers qui souhaitent utiliser directement les énergies renouvelables, misent en règle générale sur le soleil. L'utilisation de l'énergie solaire pour l'approvisionnement en eau chaude sanitaire

est une méthode praticable et relativement économique pour adapter une partie de l'alimentation énergétique sur des sources renouvelables. Ceci s'applique aussi bien aux nouvelles constructions qu'aux bâtiments rénovés. La plupart des gens, qui souhaitent chauffer à l'énergie solaire, installent des capteurs solaires sur le toit. Mais aujourd'hui,

2 Deux possibilités pour obtenir l'eau chaude solaire

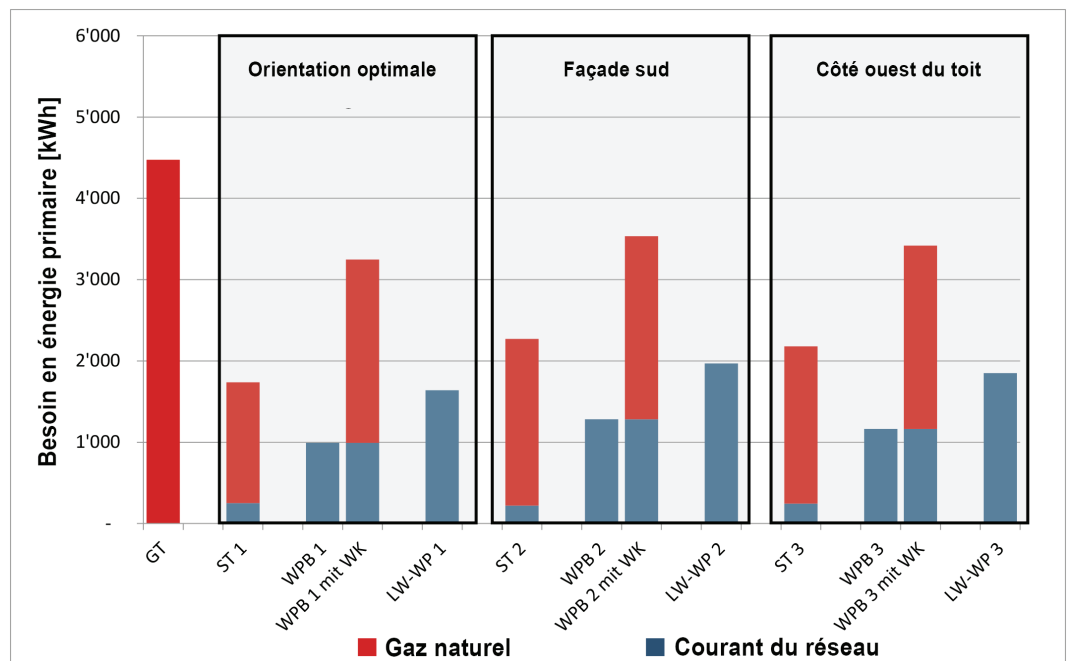
la production d'énergie solaire par les installations photovoltaïques (PV) est relativement économique. Cette énergie peut être utilisée dans une pompe à chaleur pour le réchauffement de l'eau chaude sanitaire. Le marché propose une large gamme de chauffe-eau à pompe thermique (pour générer de l'eau chaude sanitaire) et des pompes à chaleur compactes (pour générer de l'eau chaude sanitaire et la chaleur de chauffage). Avec ces appareils, l'installation PV n'est pas raccordée directement au système mais passe par le réseau électrique.

Des systèmes quasiment équivalents

Laquelle des deux technologies consomme le moins d'énergie primaire (non renouvelable) en cas d'application dans des maisons individuelles et laquelle est, dans ce contexte, la plus judicieuse du point de vue énergétique ? Et : quelle est la technologie la plus avantageuse du point de vue des coûts ? Pour ré-

pondre à ces questions, l'Office fédéral de l'énergie a mandaté le centre écologique de Langenbruck de réaliser une étude. Michael Sattler du centre écologique annonce le principal résultat de l'étude en ces termes : « Du point de vue énergétique et économique, il importe peu que l'eau chaude soit réchauffée avec une installation photovoltaïque raccordée au réseau et une pompe à chaleur ou avec la technologie héliothermique. » Cette déclaration du biologiste et de l'ingénieur en écologie diplômés ressemble à un jugement de Salomon. Néanmoins, son importance est considérable.

En effet, depuis des décennies et jusqu'à présent, l'énergie héliothermique est considérée comme avantageuse du point de vue énergétique par de nombreux adeptes. L'étude n'a pas pu confirmer cet avantage. Elle tend plutôt vers cette conclusion : en principe, les pompes à chaleur capables d'utiliser le cou-



Le graphique montre les besoins en énergie primaire des trois types d'installations comparées pour trois orientations différentes du collecteur (optimale, façade sud, côté ouest du toit) : installation héliothermique (ST), chauffe-eau à pompe thermique (WPB) et pompes à chaleur compactes (LW-WP). Avec le chauffe-eau à pompe thermique, la colonne de gauche montre la consommation d'énergie primaire en tenant compte d'un vol de chaleur complètement inexistant, la colonne de droite montre la consommation d'énergie primaire avec un vol de chaleur maximal. La colonne à gauche pour comparer : consommation d'énergie primaire d'un chauffage au gaz. Graphique : Étude SolVar-BWW

rant photovoltaïque et les systèmes héliothermiques sont aujourd'hui de même valeur. De même valeur - cela signifie également que l'étude ne confirme pas les avantages massifs dont les promoteurs de systèmes de pompes à chaleur parlent occasionnellement. Du point de vue économique, les systèmes de pompes à chaleur présentent toutefois un « net avantage », comme l'expose Michael Sattler. La raison est qu'aujourd'hui, la photovoltaïque est beaucoup plus subventionnée que la chaleur solaire. Trois partenaires scientifiques qui représentent une large expertise dans les deux technologies approuvent ce résultat : l'Institut des systèmes énergétiques de la NTB (École supérieure interétatique de technologie) de Buchs/SG, l'Institut de technique solaire SPF de l'École technique de Rapperswil et la société de conseil INFRAS (Zurich).

Des suppositions proches de la réalité

Désormais, les systèmes d'eau chaude solaires appliqués sont très variés. Par conséquent, une comparaison loyale des deux technologies s'est révélé être un véritable défi pour les responsables du projet SolVar-BWW. Les partenaires ont d'abord défini les conditions énergétiques et économiques puis comparé les deux systèmes sur la base de nombreux exercices de simulation. « La comparaison des technologies de ce projet se base sur des systèmes pour le réchauffement de l'eau chaude sanitaire comme ils sont aujourd'hui utilisés en Suisse dans les maisons individuelles ». C'est ainsi que l'étude décrit l'approche méthodique : « lors de la définition des systèmes à comparer, les paramètres ont été sélectionnés de telle sorte qu'ils correspondent le plus possible aux systèmes les plus fréquemment installés. »

Ce faisant, l'étude se focalise sur l'eau chaude sanitaire. L'eau de chauffage est déduite pour les lieux où l'eau chaude sanitaire et l'eau chaude pour le chauffage sont réchauffées avec une unique installation comme c'est aujourd'hui souvent le cas dans les nouvelles constructions. Le plan de l'étude est de comparer trois installations destinées au réchauf-

fement de l'eau chaude sanitaire de tailles habituelles sur le marché (cf. zone texte). Selon les instructions de l'étude, pour l'exploitation de la pompe à chaleur pendant une certaine journée, seule la quantité de courant PV concrètement générée pendant les mêmes 24 heures doit être déduite (période de bilan = 24 heures). C'est nécessaire car une période de bilan d'une année, par exemple, avantagerait à tort les systèmes de pompes à chaleur PV dans la mesure où dans ce cas, le réseau électrique serait considéré comme un accumulateur gratuit (ce qu'il n'est pas en réalité). Dans la présente simulation, le système de pompes à chaleur PV utilise le réseau électrique en tant qu'accumulateur pendant la période de bilan, ce qui n'est pas le cas avec le système héliothermique. « L'adoption d'une période de bilan de 24 heures est toutefois très réaliste car en effet, dans la réalité, il est possible de commander les durées d'exploitation de telle sorte qu'une grande partie de la production PV quotidienne puisse être utilisée », affirme Sattler.

Vol de chaleur et autres obstacles

L'étude est intéressante dans son affirmation globale et les détails découverts sont très prometteurs quant au rapport entre les différents systèmes d'eau chaude. Une des conclusions concerne la température ciblée : l'analyse met en exergue que « si de hautes températures sont nécessaires dans l'accumulateur ($> 60^{\circ}\text{C}$), les besoins en énergie primaire des systèmes avec photovoltaïque et pompe à chaleur sont plus élevés que ceux d'un système héliothermique ». Ledit vol de chaleur prend une importance considérable dans la comparaison des technologies : les chauffe-eau à pompe thermique exploitent la chaleur de l'air ambiant sur le lieu d'exploitation. L'origine de cette chaleur est significative pour leur efficacité énergétique. Si le vol de chaleur est très grand, (par ex. en cas de présence d'un chauffage au mazout), cela peut faire tourner l'avantage énergétique en inconvénient par rapport à une situation avec absence complète de vol de chaleur. Comme le montre l'analyse : « Sans vol de chaleur,

le chauffe-eau requiert nettement moins d'énergie primaire et nettement plus avec un vol de chaleur maximal que les systèmes héliothermiques/gaz naturel ou PV/pompe à chaleur air/eau. » C'est pourquoi il est important que le lieu d'installation de la pompe à chaleur soit bien isolé des pièces chauffées mais pas ou peu isolé de la terre ou de l'air extérieur. Cela permet d'assurer que la chaleur de l'extérieur de l'enveloppe chauffée du bâtiment circule et ne soit pas stoppée par les pertes du chauffage du bâtiment ou par une pièce chauffée. « Le lieu d'installation doit être choisi avec le plus grand soin », souligne Michael Sattler.

Du point de vue énergétique, le thermoplongeur électrique, utilisé de temps à autre en tant que chauffage d'appoint en hiver avec un système héliothermique mais parfois également dans des systèmes à pompes à chaleur, a des effets très préjudiciables. « Si un thermoplongeur électrique est utilisé pendant les mois d'hiver dans un système héliothermique, les besoins en énergie primaire augmentent jusqu'à des valeurs supérieures à tous les systèmes à pompe thermique PV », montre l'analyse réalisée sous la direction du centre écologique Langenbruck.

L'avantage sur le plan économique

Pour pouvoir comparer les coûts des différents systèmes technologiques, les calculs se basent sur une valeur de référence réaliste des paramètres relatifs aux coûts. On a ensuite analysé les changements de coûts en appliquant alternativement les valeurs les plus basses ou les plus hautes. L'étude met en exergue que « les études économiques ont été effectuées dans le sens de l'économie nationale, c'est-à-dire sans tenir compte des subventions ». « L'étude a pu montrer que la variante photovoltaïque avec pompe à chaleur présente de légers avantages économiques par rapport à la variante avec héliothermie. Pour le système avec chauffe-eau à pompe thermique, le bilan des coûts est fortement déterminé par le taux de vol de chaleur à partir du système de chauffage. » Si on considère

les subventions actuelles, il en résulte un net avantage économique pour la combinaison du système photovoltaïque couplé au réseau et de la pompe à chaleur, comme le constate Michael Sattler.

Si l'étude de systèmes d'eau chaude sur la base d'une production électrique PV et d'une pompe à chaleur est équivalente à la production électrique par héliothermie aussi bien au niveau du bilan énergétique qu'au niveau des coûts, alors cela correspond à un changement de paradigme. « La photovoltaïque prend de plus en plus la place des systèmes héliothermiques », affirme Michael Sattler. « Ce fait est amer pour les pionniers de l'héliothermie qui ont fait le pas décisif vers l'utilisation de l'énergie solaire. » En même temps, cette tendance est le prélude du développement des technologies solaires, y compris celui des systèmes solaires d'eau chaude dans lesquels le courant photovoltaïque n'est pas introduit dans le réseau puis réattribué à la pompe à chaleur selon un bilan journalier comme dans la présente étude mais utilisé directement sur place dans une pompe à chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire adaptée pour la modulation et la gestion de charge. Économiquement, de tels systèmes sont avant tout intéressants pour les propriétaires de maisons individuelles, même s'ils ne présentent que peu de perspectives du point de vue de l'économie nationale, comme le mentionne l'étude.

- » Vous trouverez le rapport final du projet sur: <http://www.bfe.admin.ch/forschung/SolVar-BWW>
- » Pour obtenir des informations supplémentaires, s'adresser à Rolf Moser (rolf.moser[at]enerconom.ch), chef du programme de recherche sur l'énergie dans les bâtiments à l'OFEN.
- » Vous trouverez d'autres articles spécialisés concernant les projets de recherche, pilotes, de démonstration et phares dans le domaine de l'énergie dans les bâtiments sur le lien suivant: www.bfe.admin.ch/CT/transport

Trois systèmes de base, 13 variantes

L'analyse du centre écologique de Langenbruck se base sur la comparaison de trois systèmes de base avec un système héliothermique et une pompe à chaleur alimentée par un dispositif photovoltaïque :

Système héliothermique : l'eau chaude sanitaire est réchauffée par le biais d'un collecteur plat d'une surface de 5 m². en cas d'ensoleillement insuffisant, un chauffage au gaz peut être ajouté. Le réservoir d'eau chaude a un volume de 450 l.

Système de pompes à chaleur 1 : chauffe-eau à pompe à chaleur alimenté en courant solaire par une surface de module PV de 5m² (0.75 kWp). En cas d'ensoleillement insuffisant, le chauffe-eau à pompe thermique fonctionne avec le courant du réseau. Le réservoir d'eau chaude a un volume de 300 l. La pompe à chaleur est posée dans un espace intérieur et utilise l'air du lieu d'exploitation comme source de chaleur (pompe à chaleur air-eau).

Système de pompes à chaleur 2 : pompes à chaleur compactes alimentées en courant solaire par une surface de module PV de 5m² (0.75 kWp). En cas d'ensoleillement insuffisant, le dispositif compact fonctionne avec le courant du réseau. Le réservoir d'eau chaude a un volume de 300 l. La pompe à chaleur est posée dans un espace intérieur et utilise l'air du lieu d'exploitation comme source de chaleur (pompe à chaleur air-eau). Dans la mesure où le dispositif compact fonctionne sur deux niveaux de température et fournit ainsi aussi bien l'eau chaude sanitaire que l'eau chaude de chauffage, les composants pour la chaleur de chauffage sont déduits pour la comparaison susmentionnée pour le réchauffement de l'eau chaude sanitaire.

Chauffage au gaz : un chauffage au gaz a été mis à contribution pour pouvoir comparer les trois systèmes de réchauffement solaire de l'eau chaude sanitaire avec un réchauffement fossile de l'eau chaude sanitaire.

Pour la comparaison des technologies, des variantes avec différentes orientations des collecteurs ou des modules PV ont été analysées. Pour les deux systèmes à pompe thermique, une variante avec un vol de chaleur maximal et une autre sans vol de chaleur ont été analysées. La comparaison a ainsi inclus un total de 13 variantes.

Du point de vue pratique, il convient de remarquer que la surface du module PV de 5 m² est loin de la réalité (trop petite) ; dans la pratique, et souvent en raison de la situation actuelle relative aux subventions, on utilise des surfaces de 20 m² et plus. Les surfaces de module ont été sélectionnées aussi petites pour l'étude afin de garantir la comparabilité des systèmes. La conséquence de ce choix est que l'étude base ses calculs sur un prix relativement élevé par kW/p (6000 Fr.), tandis que les installations plus volumineuses pour les maisons individuelles sont aujourd'hui disponibles pour la moitié de ce prix. Cet avantage économique des installations plus volumineuses dû à la baisse des frais marginaux n'est pas illustré dans l'étude. BV