

L'INDUSTRIE S'EN REMET A LA CHALEUR SOLAIRE

De nombreuses entreprises de production consomment de la chaleur dans le cadre de leurs processus de production. Si les besoins se situent sur une plage de température inférieure à 150°C, l'utilisation de chaleur solaire peut être judicieuse sous les latitudes d'Europe centrale. Les conditions des industries alimentaire, textile, papetière et pharmaceutique sont particulièrement favorables. En vue d'améliorer la viabilité économique de la chaleur solaire, une équipe de chercheurs de la Haute école d'ingénierie de Rapperswil a étudié des capteurs standardisés et évolutifs avec le soutien de l'Office fédéral de l'énergie.



L'industrie laitière (sur l'image: l'usine Emmi à Emmen, dans le canton de Lucerne) a besoin d'eau chaude, entre autres pour le nettoyage des réservoirs et des installations de production. L'eau chaude peut, au moins partiellement, être produite par des capteurs solaires. Photo: Emmi

Un bon dixième de la consommation énergétique suisse est due à l'approvisionnement en chaleur dans les entreprises industrielles. Deux tiers de cette consommation sont destinés à des processus tels que le chauffage, le nettoyage, la distillation, la stérilisation, le blanchiment ou la teinture. « Si de la chaleur industrielle à des températures jusqu'à 150°C est requise, l'approvisionnement par le biais de capteurs solaires est judicieux en Suisse », affirme Dr Mercedes H. Rittmann-Frank, scientifique à l'Institut pour les technologies solaires SPF de l'École technique de Rapperswil (HSR). En Suisse, quatre secteurs industriels offrent des conditions particulièrement favorables à l'utilisation de la chaleur solaire: les industries alimentaire, textile, papetière et pharmaceutique. En 2019, une étude de la HSR et de la Haute école spécialisée de Suisse occidentale HEIG-VD (Yverdon-les-bains) a estimé le potentiel théorique de la chaleur industrielle solaire dans ces quatre secteurs à 4 térawattheures. Cela représente 9% du total des besoins énergétiques de l'industrie suisse.

De 2012 à 2016, le nombre de systèmes solaires thermiques pour la production de chaleur industrielle s'est quintuplé dans le monde, passant de 120 à 700. Ils sont utilisés dans l'industrie alimentaire et l'industrie des boissons, dans la construction mécanique et dans le secteur textile. Depuis l'année 2011, la chaleur solaire est également utilisée en Suisse. A l'époque, l'exploitation de transformation du lait Lesa in Bever (GR) mettait en service la première installation. La vapeur à 190°C est utilisée pour le nettoyage des installations de production. Un peu plus tard, les exploitations de la société de transformation du lait Crema SA (à Fribourg) et

Emmi AG (à Saignelégier/JU) se sont également converties à la chaleur solaire. Il existe désormais une bonne demi-douzaine d'installations dans tout le pays qui fournissent de la chaleur solaire industrielle.



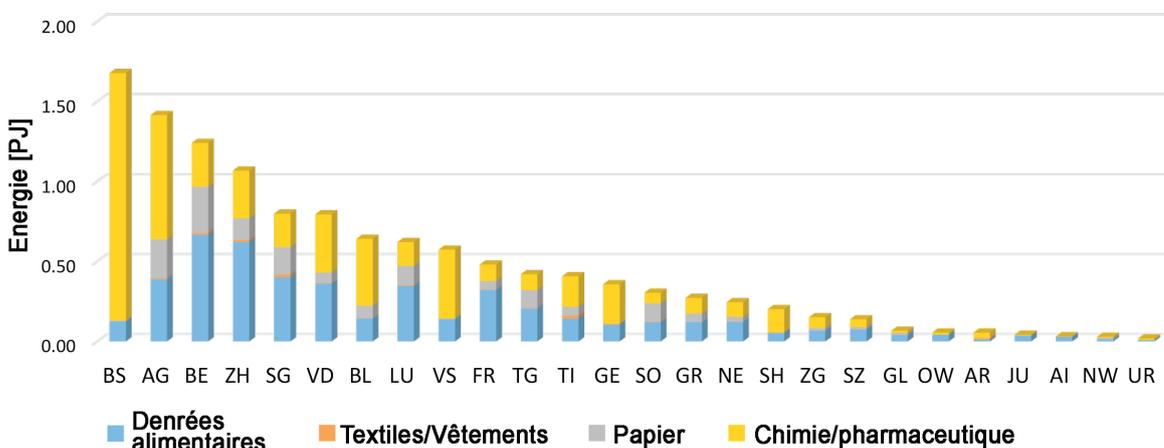
Chercheuse de la HSR Dr Mercedes H. Rittmann-Frank. Photo: HSR

Monitoring pluriannuel

Dans le cadre d'un programme de monitoring financé par l'Office fédéral de l'énergie, une équipe de chercheurs de la HSR a accompagné cinq de ces installations depuis 2014. La première partie de l'étude « Évaluation des centrales thermiques solaires en Suisse » (EvaSP) a été achevée en 2017, la deuxième partie s'est déroulée de 2018 à mai 2020. Selon les évaluations, les installations assurent des rendements au mètre carré allant jusqu'à 80 kWh par mois, ce qui signifie qu'au cours de la saison estivale, environ 30 à 45% de l'énergie rayonnée est utilisée sous forme de chaleur. Avec des capteurs solaires, les entreprises produisent de 15 à 220 MWh de chaleur industrielle par an et couvrent ainsi jusqu'à 44% de leurs besoins.

Les cinq installations étudiées utilisent trois types de capteurs différents. Dans leur rapport final, les chercheurs ont qualifié de « très positive » la performance des capteurs à tubes sous vide utilisés par la société Zehnder à Gränichen (AG). Cette technologie est bien rodée dans le domaine de l'habitat mais

Potentiel des systèmes solaires thermiques (par canton)



Dans les industries alimentaire, textile, papetière et pharmaceutique, les possibilités d'application pour la chaleur industrielle sont particulièrement nombreuses, comme l'indique cette présentation basée sur un rapport de l'Office fédéral de la statistique de 2017. Graphique: SPF/remanié par B. Vogel



Les capteurs cylindro-paraboliques (sur l'image: Fromagerie de Saignelégier) concentrent le rayonnement solaire sur un tube absorbeur dans lequel circule de l'eau et qui chauffe le fluide caloporteur jusqu'à 112°C. Les capteurs utilisent le rayonnement direct, mais pas le rayonnement diffus. Photo: SPF



Capteurs plats sous vide (sur l'image: Les entreprises de construction routière Colas à Yverdon-les-bains/VD) utilisent le rayonnement direct et diffus. Ils se différencient des capteurs à tubes sous vide par leur rendement élevé également avec des températures supérieures à 100 - 150°C. Photo: Lesbat/HEIG-VD



Capteurs à tubes sous vide (sur l'image: Les fabricants de chauffages Zehnder à Gränichen/AG) utilisent les rayonnements direct et diffus pour le chauffage d'un fluide caloporteur (ici: un mélange eau-glycol). Le fluide caloporteur circule dans un tube isolé par le vide. Photo: SPF

son inconvénient est que les températures maximales atteintes sont de l'ordre de 90°C. Des températures plus élevées, jusqu'à 190°C, peuvent être atteintes avec des capteurs cylindro-paraboliques concentrateurs et suiveurs. Selon l'évaluation des experts, ce type de capteurs installés dans trois des installations étudiées (Lesa/Bever, Emmi/Saignelégier, Cremo/

Fribourg) fournit des « quantités d'énergie de satisfaisantes à bonnes ».

Toutes les installations étudiées sont des installations pilotes et ainsi des investissements qui servent également à tirer les leçons des erreurs et des dysfonctionnements. Les dysfoncti-

CHIFFRES CLÉS DES CINQ INSTALLATIONS ÉTUDIÉES

Une sixième installation sera mise en service sur le toit de l'Hôpital Universitaire de Genève (HUG) en 2020 et n'est pas encore incluse dans le monitoring. Pour la production de chaleur industrielle jusqu'à 90°C, il est possible d'utiliser, entre autres, des capteurs à tubes sous vide

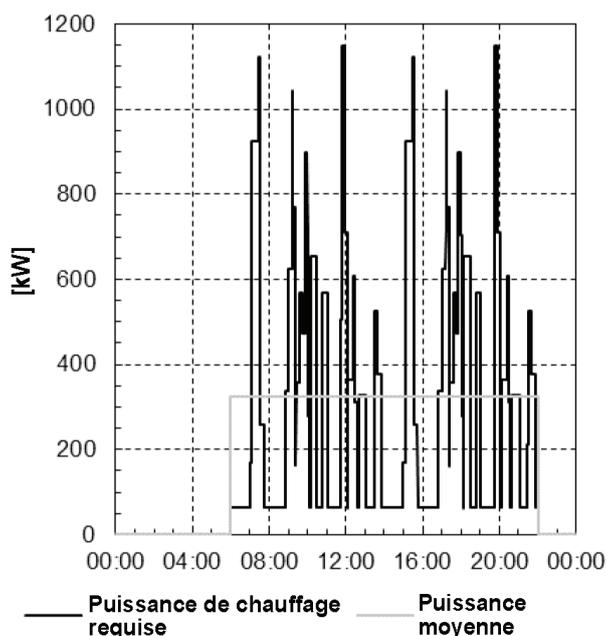
	Emmi Saignelégier	Cremo Fribourg	Lesa Bever	Colas Yverdon	Zehnder Gränichen	HUG Genève
Secteur industriel	Transformation du lait			Construction routière	Fabricant de radiateurs	Hôpital
Utilisation de l'eau industrielle	Nettoyage, production			Bâtiment, bitumes	Installation de peinture	Stérilisation
Températures	112 °C	120 °C/160 °C	190 °C	90 °C/160 °C	60 °C/90 °C	90 °C
Type de capteur	Capteur cylindro-parabolique			Capteur plat sous vide	Capteur à tubes sous vide	
Taille de l'installation	627 m ²	581 m ²	115 m ²	360 m ²	184 m ²	462 m ²

qui ont fait leurs preuves pour la production de chaleur dans le secteur résidentiel. Les températures plus élevées nécessitent des capteurs plats sous vide (jusqu'à 160°C) ou des capteurs cylindro-paraboliques (jusqu'à 190°C). Ces derniers sont des systèmes de concentration qui suivent le soleil au cours de la journée. Ces systèmes sont particulièrement adaptés pour les régions avec un important rayonnement direct, par exemple dans les pays du sud de l'Europe. Une partie des installations énumérées dans le tableau fonctionne à différentes températures d'exploitation - à Fribourg, par exemple, à 120°C (à des fins de nettoyage) ou à 160°C (pour la production de crème). BV

onnements identifiés par les chercheurs de la HSR concernaient des pièces mobiles (dans les capteurs cylindro-paraboliques) ainsi que des erreurs dans l'intégration du système et dans la transmission et le stockage des données, ces dernières n'étant pas directement liées à la technologie des capteurs. De manière générale, les problèmes rencontrés ont pu être résolus. Les analyses relatives à la dégradation et à la pollution ne montrent aucun résultat défavorable. En effet, le rapport final tire également une conclusion positive: « Les installations étudiées montrent des résultats prometteurs, la Suisse devrait exploiter le potentiel de cette production de chaleur neutre en CO₂. »

Appel à la normalisation

Dans le contexte des défis particuliers posés par l'intégration des systèmes, les chercheurs de la HSR souhaiteraient obtenir « des concepts d'intégration plus simples et normalisés ». Jusqu'à présent, les installations solaires pour la production de chaleur industrielle sont fabriquées individuellement. Les études préliminaires pour la conception et l'intégration de nouvelles installations sont donc complexes. Dans la mesure où différentes exploitations industrielles ont des processus et des exigences similaires, on se demande s'il serait dans une certaine mesure possible de normaliser les installations thermiques solaires et ainsi de réduire les frais de planification et de fabrication. C'est la question centrale du projet de



Profil de charge d'un processus discontinu de l'industrie textile. Dans la mesure où les besoins en chaleur varient fortement, l'installation d'un accumulateur de chaleur est primordiale. Graphique: Rapport intermédiaire BillySolar

OUTIL DE CALCUL

A la Haute école spécialisée de Suisse occidentale à Yverdon-les-Bains, les scientifiques du Laboratoire d'énergétique solaire et de physique du bâtiment (Lesbat) ont, en collaboration avec des collègues de l'SPF, conçu un programme de calcul dénommé SOLIND-Tool qui découle du projet «SolInd Swiss». Depuis l'année dernière, cet outil permet aux entrepreneurs d'estimer rapidement si l'utilisation de chaleur industrielle solaire est judicieuse dans leur exploitation industrielle.

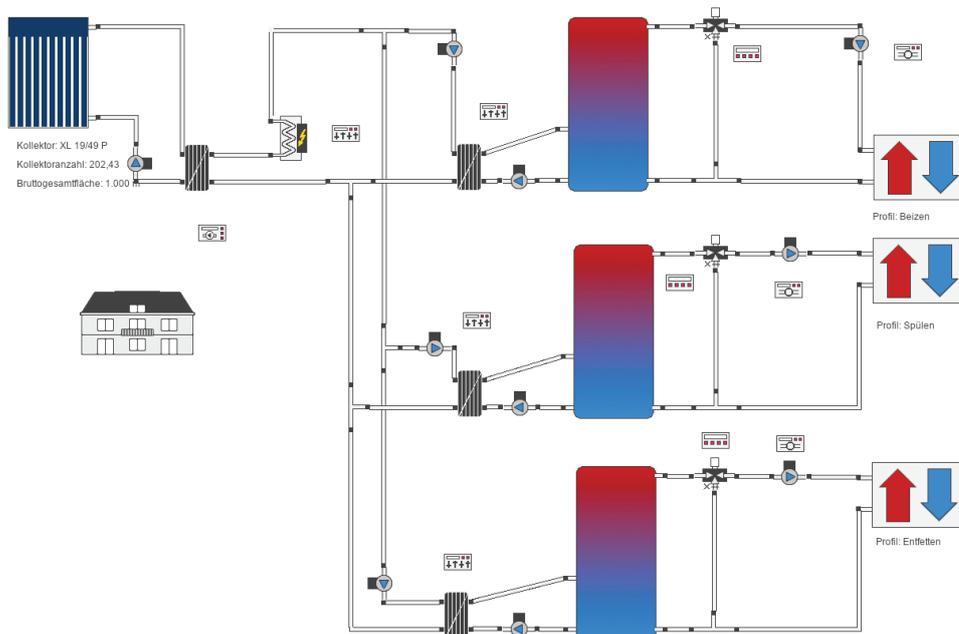
Téléchargement sur: <https://www.spf.ch/index.php?id=19086>

recherche de deux ans BillySolar en cours à la HSR depuis le printemps 2019. Le nom du projet résume l'objectif global: Les systèmes peuvent-ils être assemblés à partir d'une petite unité de chauffage universelle, un peu comme une étagère Billy d'Ikea.

Pour atteindre cet objectif, les scientifiques veulent comprendre les besoins en chaleur des processus industriels et identifier les processus récurrents présentant un profil de demande de chaleur similaire dans les entreprises industrielles, c'est-à-dire les processus dans lesquels la quantité de chaleur, la température et le déroulement quotidien sont comparables. Pour ce faire, les directeurs de six sites de production d'Emmi ont été invités à remplir un questionnaire visant à collecter des informations sur les procédés utilisés. En outre, les partenaires de recherche de la Haute école spécialisée de Lucerne (HSLU) ont étudié les analyses de flux d'énergie des processus industriels (ladite méthode du pincement) des industries de la peinture, de la galvanoplastie, du textile et de l'alimentation, lesquelles sont stockées dans une base de données de la HSLU.

Module standard avec une surface de 100 m²

De cette façon, les chercheuses et chercheurs ont identifié les processus susceptibles d'être alimentés avec de la chaleur industrielle solaire. De plus, ils ont créé les installations solaires thermiques et tous les composants associés avec le logiciel de simulation Polysun. Dans l'étape suivante, ils ont pu varier à volonté les paramètres des installations (le type de technologie des capteurs, la surface des capteurs, le volume de stockage thermique) et ainsi déterminer les indicateurs énergétiques et le coût de la mise en œuvre technique correspondante (frais d'installation, d'intégration et de montage). Avec les simulations, les scientifiques sont arrivés à la conclusion



Simulation Polysun d'une exploitation industrielle avec trois processus. Graphique: Rapport intermédiaire BillySolar

que le plus petit module standard pour les installations solaires thermiques industrielles pouvait être dimensionné pour une surface de capteur de 100 m² et un réservoir d'eau chaude de 10 m³.

Cette grandeur est le résultat d'une optimisation énergétique et économique; les chercheurs ont pu démontrer que les coûts par kilowattheure de chaleur produite sont les plus bas avec une installation de cette taille. Il est donc plus avantageux pour les entreprises d'opter, en fonction de leurs besoins en chaleur, pour 100 m² ou un multiple de cette surface de capteurs. La taille standard proposée est un résultat intermédiaire qui doit être confirmé et amélioré au cours du projet. Il reste à clarifier si et comment ces unités standard peuvent être intégrées dans une opération industrielle spécifique et quelles incitations financières, le cas échéant, sont nécessaires pour promouvoir l'énergie solaire thermique dans le secteur industriel malgré les coûts supplémentaires par rapport aux combustibles fossiles. Rittmann-Frank, chercheuse de la HSR, est optimiste: « Nous partons du principe que cette plus petite unité de production, essentiellement issue de l'industrie laitière, peut être transférée à d'autres secteurs et constitue également une taille judicieuse pour la production de chaleur industrielle. »

➤ Le **rapport final** de l'étude «Évaluation des centrales thermiques solaires en Suisse» (EvaSP, partie 1), publié en 2017, est disponible sur: <https://www.aramis.admin.ch/Default.aspx?DocumentID=46127>. L'étude achevée en mars 2020, EvaSP partie 2, est disponible sur <https://www.spf.ch/index.php?id=18110&L=8%27>.

➤ Dr Stefan Oberholzer (stefan.oberholzer[at]bfe.admin.ch), responsable du programme de l'OFEN «Energie solaire à haute température», communique des **informations** concernant le projet.

- Vous trouverez d'autres **articles spécialisés** concernant les projets phares et de recherche, les projets pilotes et de démonstration dans le domaine de l'énergie solaire à haute température sur www.bfe.admin.ch/ec-solar.

DES PARTENAIRES INDUSTRIELS

La Haute école d'ingénierie de Rapperswil et la Haute école spécialisée de Lucerne participent au projet de recherche «Réduction des émissions de CO₂ par l'intégration d'unités de chauffage solaire modulables et économiques (BillySolar)» présenté dans le texte principal. Les partenaires industriels sont Vela Solaris (développeur du logiciel de simulation Polysun), l'entreprise de transformation de lait Emmi ainsi que les fabricants de capteurs TVP et Soltop. BV