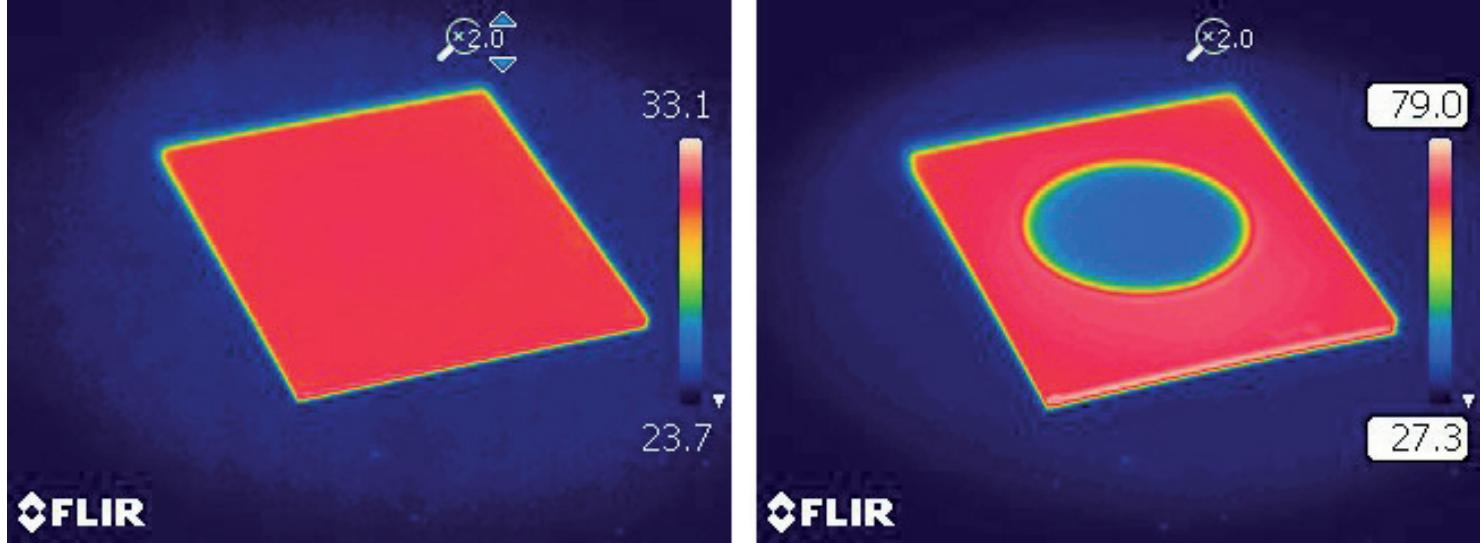


Rapport de synthèse 2011

# Programme de recherche Chaleur solaire et Stockage de chaleur



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Office fédéral de l'énergie OFEN

## Page de couverture :

### Thermochromie appliquée à un absorbeur solaire

Une nanocouche thermochromique a été développée avec succès par le LESO-EPFL. La couche sur substrat métallique change de propriétés optiques à une température critique qu'il est possible de choisir dans certaines limites. C'est toute la difficulté du projet: savoir combiner les couches et les dopants. Le but final est de résoudre de manière passive et automatique le problème de la surchauffe dans les capteurs solaires. Dans l'illustration, (à gauche) à température ambiante le dépôt circulaire sur l'échantillon métallique carré n'est pas visible en rayonnement infrarouge, (à droite) à 60 °C environ il le devient, l'émissivité de la plaque ayant passé de 34 % à 85 %. LESO EPFL [1]

## Programme de recherche OFEN Chaleur solaire et Stockage de chaleur

Rapport de synthèse 2011

### Mandant :

Office fédéral de l'énergie OFEN  
CH-3003 Berne

### Chef de programme (auteur) :

Jean-Christophe Hadorn, BASE Consultants SA ([jchadorn@baseconsultants.com](mailto:jchadorn@baseconsultants.com))

### Chef de domaine de l'OFEN :

Andreas Eckmanns ([andreas.eckmanns@bfe.admin.ch](mailto:andreas.eckmanns@bfe.admin.ch))

<http://www.bfe.admin.ch/forschungssolarwaerme>

L'auteur de ce rapport porte seul la responsabilité de son contenu et de ses conclusions.

## Introduction

Le marché solaire thermique suisse s'est stabilisé en 2010 après une forte croissance entre 2006 et 2009. Il reste toutefois à un niveau de 165'000 m<sup>2</sup> de capteurs vendus par an, soit 4 fois le volume de 2002–2003.

En 2010 ce sont presque comme en 2009, 165'000 m<sup>2</sup> de capteurs thermiques qui ont été vendus, principalement des capteurs plans vitrés, des capteurs non vitrés pour piscine (11'000 m<sup>2</sup>), des absorbeurs sélectifs (1'200 m<sup>2</sup>, en régression) et 16'000 m<sup>2</sup> de capteurs sous vide, segment en progression relative forte [10].

La Suisse a exporté 70'000 m<sup>2</sup> de capteurs (80 % de capteurs plans, 20 % de capteurs sous vide) et en a importé 60'000. Il y a eu 14'210 installations réalisées en 2010. Ce sont encore principalement des installations d'eau chaude sanitaire pour la villa (33 % part en recul), des systèmes combinés pour la villa (23 %) et d'eau chaude

sanitaire pour les immeubles (27 % part stable), de l'eau chaude sanitaire pour les locatifs (30 %) et des systèmes combinés pour les locatifs en moins grand nombre (6 %).

Plus de 8'800 installations comprennent moins de 10 m<sup>2</sup> de capteurs (part en recul), plus de 2'200 ont entre 11 et 20 m<sup>2</sup> et le reste, soit environ 22 % (en progression) dépasse 21 m<sup>2</sup>. Il y a eu en 2010 37 installations de plus de 100 m<sup>2</sup>, ce qui confirme la tendance vers des installations à plus grande surface de capteurs. Mais nous sommes encore un pays de petites installations surtout pour l'eau chaude et le chauffage de villas et notre programme doit répondre à cette orientation de marché.

La tendance du marché du chauffage est d'une part et principalement dans le neuf de faire appel à la pompe à chaleur et de plus en plus en version air/eau, soit en monoventil soit en

combinaison avec du solaire pour l'eau chaude sanitaire, et d'autre part d'installer des systèmes solaires combinés pour la villa avec appoint gaz ou bois et de moins en moins souvent au mazout.

Quant à la recherche internationale en énergie solaire thermique, elle s' oriente vers les capteurs hybrides photovoltaïque et thermique, la combinaison solaire et pompe à chaleur, la réfrigération solaire thermique pour les climats où elle a un intérêt, le stockage de chaleur dans le sous-sol à grande échelle, le stockage chimique dense pour la villa, les réseaux de chaleur à basse température et les grands champs de capteurs solaires, les matériaux plastiques, la prévision du rayonnement solaire en tout point de la planète.

La recherche suisse est en phase avec ces grands thèmes.

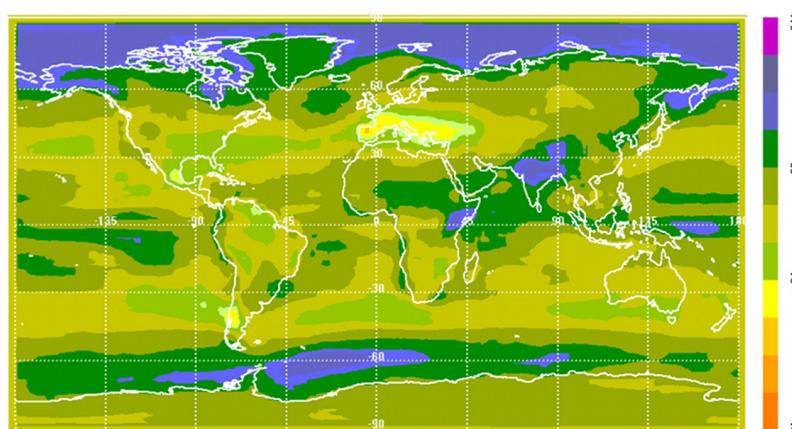
## Centres de gravité du programme

Le programme de recherche traite de la chaleur solaire à température comprise entre 0 et 150 °C. Les axes en sont l'amélioration des performances des éléments de la boucle solaire, le développement de couches intelligentes pour les capteurs, la recherche de systèmes et composants standardisés pour la production de chaleur solaire, une meilleure intégration des capteurs dans les bâtiments et dans les systèmes de chauffage existants, notamment dans les combinaisons solaire-bois et solaire-pompe à chaleur, le stockage compact de chaleur avec de nouvelles solutions mais aussi l'amélioration du stockage en cuve à eau largement dominant sur le marché, et enfin les outils de simulation.

### Revue et évaluation 2011

Les buts en 2011 ont été atteints :

- le maintien des équipements de tests de capteurs et l'amélioration des procédés permettant de mesurer leur qualité et les tests de capteurs du marché ;
- la publication du rapport final sur la réussite de la première nanocouche thermochromique sur support métallique ;
- l'intégration des travaux internationaux sur la prévision du rayonnement solaire en utilisant les données des satellites dans le logiciel Meteonorm ;
- les tests comparatifs des modules de préparation d'eau chaude sanitaire externes à la cuve de stockage ;
- les possibilités d'améliorations de la géométrie des échangeurs immergés par l'étude des transferts thermiques autour des échangeurs immergés;
- la conclusion quant aux meilleurs concepts de maintien de la stratification dans les cuves de stockage solaire court terme;
- la mise au point d'un banc d'essai dynamique des éléments de connexion entre capteurs dans un champ;
- les premiers résultats de la Tâche 44 « Solar and heat pump systems » de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) dans les programmes Solar Heating and Cooling (SHC) et Heat pump programme (HPP) et notamment le référentiel de simulation et la description des combinaisons solaire et pompe à chaleur du marché;
- les premiers résultats du projet international d'intégration architecturale des capteurs solaires actifs dans des éléments de construction (AIE SHC Task 41);
- la mise au point des méthodes pour prédire la production de gaz non condensables lors de la stagnation dans les circuits solaires ;
- les conclusions quant aux premiers essais de développement d'un stock solaire dense avec le NaOH;
- la mise en production de deux bancs de test de combinaison solaire et pompe à chaleur, l'un à Rapperswil, l'autre à Yverdon;



Anomalies de rayonnement solaire en kWh/m<sup>2</sup> anticipées pour 2080–2090 par rapport aux niveaux de 1961–1990 calculées dans le scénario A2 de l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Meteotest [11].

- les premières mesures d'un projet P+D avec une combinaison absorbeurs solaires et pompe à chaleur sur une cuve de glace.

### Perspectives

En 2012 nous verrons les résultats de la Tâche 41 « Solar energy and architecture » pour une meilleure intégration des composants solaires actifs dans l'architecture et les bons exemples internationaux.

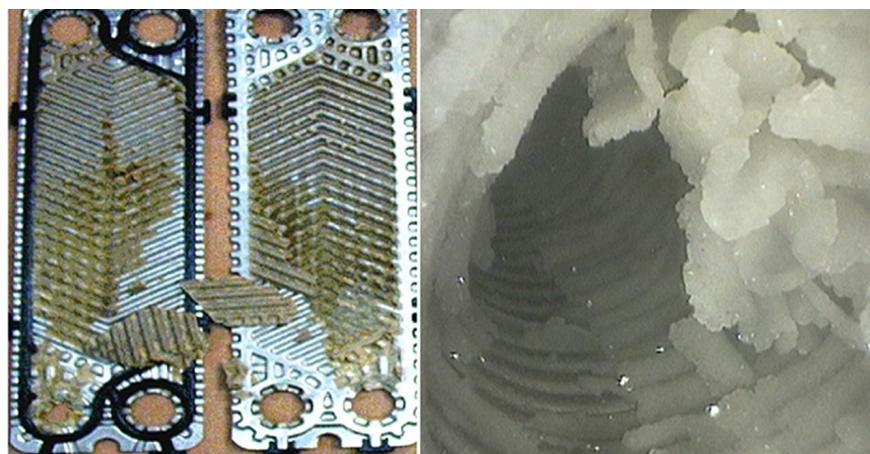
Les premières conclusions de la Tâche 44 « Solar and heat pump systems » devraient être disponibles notamment quant aux performances de systèmes mesurés (plus de 20 projets sont suivis par la Tâche). Dans cette Tâche nous devrions également avoir les premiers résultats de simulation montrant les systèmes les plus performants théoriquement, et une procédure de test de combinaison au banc d'essai appelée à devenir une norme internationale.

La stagnation dans un circuit solaire sera mieux simulée et peut être ses effets réduits par des dispositifs spécifiques grâce à une étude menée à Zürich. Des dispositifs de connexion entre capteurs auront été testés et les meilleurs identifiés. La nouvelle Tâche AIE SHC 46 sur l'étude du gisement solaire par satellite aura débuté. Deux nouveaux projets au SPF (HES Rapperswil) s'intéresseront au stockage sous forme de glace et au test des étanchéités dans les capteurs. Et le SPF participera à des projets européens pour compléter son activité et son financement. Nous espérons possible la poursuite des travaux sur les couches thermochromiques qui ont abouti à des résultats très prometteurs en 2011.

Dans l'ensemble le programme travaille sur tous les aspects systémiques du domaine du solaire thermique, du composant au système : le gisement solaire, les matériaux nouveaux en captage et stockage, la qualité des capteurs solaires, la boucle solaire en conditions de stagnation, le stockage, les systèmes solaires en combinaison avec les pompes à chaleur, les outils de simulation des systèmes dans tout climat (voir figure).

## Highlights Recherche et Développement

Trois projets ont abouti en 2011. Ce sont : l'étude de l'intérêt de la stratification dans une cuve solaire et des dispositifs pour la renforcer, la découverte de nanocouches à propriété thermochromique, et l'analyse comparative de modules solaires de préparation d'eau chaude solaire instantanée. Cette analyse conduite sur sept systèmes du marché a montré la difficulté d'obtenir un confort satisfaisant avec des modules externes (Frischwassermodul), qui sont pourtant très à la mode en Allemagne [6,7]. Des critères ont été proposés par le SPF qui pourront servir de base à une norme européenne.



*Figure 1 : Les modules de préparation d'eau chaude sanitaire solaire externe peuvent aussi être sujets à entartrage mais en principe moins que les systèmes avec échangeurs immersés (SPF [7]).*

### La thermochromie : une parade contre la surchauffe des capteurs solaires

Lors de la panne du circulateur dans une installation solaire, apparaît en cas d'ensoleillement même usuel, une surchauffe dangereuse et préjudiciable pour les capteurs solaires thermiques vitrés. Les températures élevées qui se produisent au cours de ce phénomène dit de stagnation, peuvent conduire à la vaporisation du fluide, la dégradation du glycol et une très forte augmentation de pression dans toutes les conduites du circuit pouvant dégrader la pompe ou le vase d'expansion. Des précautions particulières sont nécessaires pour absorber ou libérer cette pression. A ce jour il n'y a que des solutions mécaniques (ombrage, purge, vidange) et encore imparfaites. En outre, les températures élevées conduisent en cas de répétition de la stagnation durant la vie des capteurs à la dégradation des matériaux qui composent le collecteur, étanchéité, isolation thermique et revêtement sélectif.

L'objectif de ce projet était de trouver une nouvelle façon de protéger les systèmes solaires thermiques sans dispositif mécanique en recourant à un procédé thermique passif. Des revêtements thermochromiques nouveaux ont été développés, qui ont la particularité de modifier leurs propriétés optiques au delà d'une température dite critique  $T_c$ . Le phénomène n'est pas nouveau mais il n'y a pas de recherche aboutie internationalement sur le sujet pour le solaire. Le LESO de l'EPFL est particulièrement compétent dans les

nanocouches solaires aussi par l'investissement que nous avons consenti depuis des années dans ce laboratoire de pointe notamment pour des couches sélectives ou de couleur sur vitrage. Le laboratoire a réussi à réaliser des échantillons dopés et non dopés de revêtements inorganiques présentant un comportement de commutation thermochrome par évaporation sous vide et par pulvérisation à magnétron. Une commutation dynamique de l'émitance thermique peut être obtenue par les oxydes de métaux de transition thermochromiques. Pour obtenir une variation importante de l'absorption solaire, des films spéciaux d'alliages métalliques sont déposés. Les détails sont de l'ordre du brevet. Les propriétés structurales et optiques de films d'oxyde de transition thermochromiques métalliques minces ont été caractérisées en détail par des méthodes telles que la spectroscopie de rétrodiffusion de Rutherford (RBS), de mesure de longueur d'onde dispersive X-Ray Spectrometry (WDS), de diffraction des rayons X pour l'identification de phase (DRX), dépendant de la température spectrophotométrique et dépendant de la température ellipsométrique. Les films déposés en alliage de métaux sur des substrats métalliques montrent un comportement commutable entre absorption et réflexion. Les paramètres du procédé de dépôt de ces revêtements ont été étudiés et optimisés. Les propriétés optiques et structurelles des films d'alliages métalliques ont été caractérisées par diffraction des rayons X de sorte que les dépôts sont parfaitem

ment connus. En effet la production des couches n'est pas aisée mais leur mesure de vérification ne l'est pas non plus et est aussi un défi de ces travaux.

Le LESO a prouvé qu'une solution est possible au laboratoire autour pour l'instant de 60 à 70 °C. Les propriétés optiques exceptionnelles de ces films commutables font entrevoir une solution technologique. Il reste des étapes importantes notamment les tests de différents substrats et le passage à des surfaces plus importantes que l'échantillon de laboratoire. Nous avons fait une percée mais il faut que les moyens financiers de recherche suivent. Le rapport final de ce projet a été publié en 2011 [1] et de nombreuses publications internationales sont en cours [2,3,4].

### Dispositifs de renforcement de la stratification dans une cuve solaire

Dans les systèmes solaires combinés, la stratification dans la cuve de stockage peut jouer un rôle important dans les performances et surtout l'énergie d'appoint nécessaire pour atteindre les 55 °C nécessaires à l'eau chaude sanitaire. Le sujet est à peine controversé mais la meilleure manière de stratifier fait encore débat. Dans diverses publications, l'influence des dispositifs de charge d'un stock solaire sur les performances d'ensemble du système est étudiée par simulation. La réalité est cependant complexe et la simulation

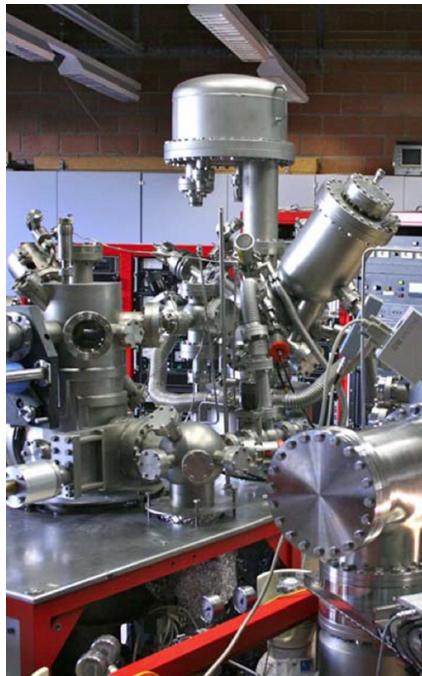


Figure 2 : La thermochromie au laboratoire dépend des chercheurs et de leurs outils. Vue sur la chambre de dépôt UHV développée par le LESO pour ses créations de nanocouche [1].

ne peut pas tout détecter.

Pour obtenir une connaissance plus précise de l'influence des dispositifs de stratification dans une cuve solaire, le SPF a testé quatre systèmes différents, dans des conditions de charge et décharge réalistes sur banc-test dynamique. Pour tous les systèmes testés, étaient identiques: le chauffage d'appoint, les capteurs solaires et le volume de stockage. La différence résidait dans l'interconnexion hydraulique des composants utilisés et donc la manière de charger et de décharger le stock. Les échangeurs de chaleur étaient soit internes et immersés, soit externes. Il a été considéré deux « philosophies »

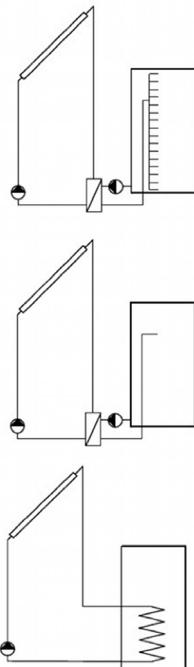


Figure 3 : Dispositifs étudiés favorisant ou pas la stratification côté charge solaire (SPF [5]).

différentes de stock sans échangeur de chaleur interne: un concept avec une installation complexe quasi-parfaite pour la stratification en charge et en décharge, et une installation simple avec une cuve sans dispositif particulier de stratification mais chargée par l'extérieur. Comme référence, une mesure de comparaison d'une installation combinée courante a été réalisée soit une installation avec une cuve avec des échangeurs de chaleur internes en spirale.

Les tests réalisés extrapolés à une situation annuelle ont montré une différence de consommation d'appoint du système selon le concept de charge /

décharge du stock de + ou -5 % en valeur absolue, ceci pour couvrir une demande en chaleur identique. Les différences ne sont donc pas très marquées alors que les dispositifs qui permettent les meilleurs résultats peuvent devenir complexes [5]. En fait, dans le cas d'un appoint par une chaudière à condensation une meilleure stratification peut être particulièrement important parce que l'usage de la chaleur de condensation des fumées est fortement dépendante de la température de retour à la chaudière et donc de l'effet de stratification. Il a été montré que une bonne stratification et un contrôle optimal du stockage réduit la consommation d'énergie d'appoint annuelle de plus de 2 % en valeur absolue à configuration semblable mais l'une stratifiée, l'autre pas. Le système avec échangeur de chaleur immergé pour l'eau chaude sanitaire (type spirale) et pas de système de stratification interne particulier a été également comparé aux autres solutions. Les températures de stockage sont au final légèrement plus élevées, ce qui est favorable aux exigences de confort pour le stock d'eau chaude domestique en partie haute de la cuve. Mais il en est résulté des performances globales annuelles selon le critère de la consommation d'énergie d'appoint moins bonnes, mais faiblement (-5 %) par rapport à une solution avec un stock parfaitement stratifié. Au final, les dispositifs de stratification apparaissent complexes par rapport aux gains véritables qu'ils procurent. À nos yeux une certaine stratification est importante mais elle peut être obtenue par les solutions usuelles d'échangeurs immersés. Ce projet a le grand mérite de clarifier ce point et de jeter les bases pour d'autres comparaisons avec des dispositifs de stratification nouveaux.

## Projets Pilotes et de Démonstration

En 2011, trois projets P+D liés au solaire actif ont débutés. Il s'agit de Pacsol en Valais solaire et pompe à chaleur pour une villa, Sonnengarten à Zürich où l'on teste une combinaison solaire et pompe à chaleur dans une rénovation et Florence à Genève projet de centrale solaire thermique avec 3'000 m<sup>2</sup> de

capteurs prévus et un stock saisonnier diffusif souterrain. Ce projet a été malheureusement arrêté à fin 2011 pour des raisons de surcoût trop important pour une partie des maîtres d'ouvrage privés malgré l'aide accordée de la Confédération.

Les autres projets sont parfaitement en phase avec les travaux de la Tâche 44 sur les combinaisons solaire et pompe à chaleur. Ils viennent compléter les études théoriques et apportés des mesures in situ nécessaires pour la validation des modèles de simulation.

## Solaire et pompe à chaleur avec un stock de glace

Le projet Pacsol consiste à tester un pilote de stockage en glace pour une pompe à chaleur (PAC).

Ceci permet d'éviter de forer une sonde, et devrait avoir des performances meilleures qu'une pompe à chaleur air/eau, spécialement en altitude. Bien sûr pour ne pas surdimensionner le stock, il faut le recharger souvent, et les absorbeurs solaires sélectifs d'Energie Solaire SA peuvent particulièrement bien faire l'affaire.

La maison est une habitation villageoise d'une surface de 230 m<sup>2</sup>, rénovée selon le standard Minergie et située à Saaviese à 850 m d'altitude. La puissance installée est de 8 kW avec un départ chauffage à 35 °C pour une température extérieure de -8 °C. A l'origine, l'énergie de base provenait de 30 m<sup>2</sup> de capteurs solaires sélectifs sans vitrage. L'appoint d'énergie était fourni par une chaudière à bois automatique, à bûches, couplée à un accumulateur de chaleur combiné, permettant l'alimentation du circuit de chauffage et la production d'eau chaude sanitaire (ECS). L'installation d'origine a été légèrement modifiée pour permettre le raccordement de la pompe à chaleur de 6 kW et de l'accumulateur de glace de 320 litres de la société Consolar. Les capteurs solaires peuvent ainsi injecter de la chaleur soit dans l'accumu-



Figure 5 : Les tests de qualité des capteurs intègrent un test de grêle de plus en plus sévère vu les modifications climatiques (SPF).

lateur combiné, soit dans le réservoir à changement de phase glace/eau. Si l'appoint par la chaudière à bois est toujours possible, il n'est volontairement pas sollicité pendant la période du projet P&D.

Le « Seasonal Performance Factor » (SPF) de l'installation mesuré sur la période 04/2010–03/2011 s'est établi à 4,0. Il correspond aux attentes, si l'on prend en compte l'inclinaison et l'orientation non optimales des capteurs solaires de l'installation pilote. Ces résultats confirment que les PAC solaires avec stock de glace présentent une alternative intéressante par rapport aux PAC géothermiques (sans capteurs solaires). Les coûts de ces deux types de systèmes de chauffage pour maisons familiales sont similaires.

Les mesures montrent que pour ce pilote, le volume du stock à changement de phase est trop petit et affecte le coefficient of performance (COP) de la PAC en hiver. Il serait judicieux de doubler son volume (700 litres) en combinaison avec une PAC de 6 kW et une surface active de capteurs solaires non vitrés de 30 m<sup>2</sup>.

Toutefois pour généraliser, des conditions favorables doivent être présentes pour les PAC solaires avec stock de glace. Le positionnement du champ de capteurs solaires afin de bénéficier d'un apport solaire optimal en hiver, ainsi qu'un rayonnement solaire régulier en hiver sont primordiaux. Il est également important que le champ de capteurs soit libre de neige pendant la période de chauffage. Ce projet P+D a permis d'acquérir des connaissances sur les performances des capteurs sans vitrage utilisés comme échangeurs sur l'air ambiant à très basse température. Les résultats obtenus pour les absorbeurs sur l'installation pilote ont été comparés avec ceux mesurés sur le

banc de test du SPF à Rapperswil, et l'on a pu constater une bonne corrélation.

Le but de 2012 est de pouvoir valider des modèles de simulation sur la base des mesures in situ et d'utiliser ces modèles pour dimensionner de futures installations solaires PAC avec stockage de glace. Ce projet est une contribution suisse à la Tâche SHC 44 « Solar and heat pump systems ».



Figure 4 : Les absorbeurs solaires utilisés par la pompe à chaleur comme échangeur givrent en l'absence de soleil matinal (ESSA).

**TASK 41 SOLAR ENERGY AND ARCHITECTURE**

**T.41.B.2**  
International survey about digital tools used by architects for solar design  
Subtask B: Methods and Tools for Solar Design

Figure 6 : La coopération internationale dans les projets de l'AIE permet des études à large spectre comme cette nouvelle publication de la Tâche 41 à destination des architectes et ingénieurs du bâtiment.

## Collaboration Nationale

L'industrie solaire thermique suisse est en fréquente interaction avec le SPF pour les tests de systèmes, de capteurs et de composants. Le SPF a déjà testé 1500 capteurs et plus de 150 pour la Solar Keymark européenne. En 2011 ce sont plus de 50 capteurs de toute origine qui ont été testés. L'interaction avec l'industrie permet au SPF de détecter des sujets où la recherche peut apporter des innovations nécessaires. En retour l'industrie solaire suisse bénéficie de l'expérience d'un institut de tests pour améliorer comparativement ses produits.

La qualité des capteurs solaires testés en 2011 reste très inhomogène et justifie les tests poussés. En outre, le vent, la neige et la grêle sont plus à redouter qu'auparavant.

Pour garder la qualité de ses tests, le SPF prend aussi part au comité NK0144 de l'association suisse de normalisation.

Comme chaque année, la journée de transfert au marché de nos travaux a lieu à Rapperswil. Le SPF a organisé en 2011 un « jour de l'industrie » durant lequel ont

été exposés tous les projets en cours devant plus de 100 personnes. Les thèmes abordés sont ceux de notre programme de recherche et le transfert à l'industrie peut débuter lors de telles journées par les contacts pris.

Dans le cadre de projets de recherche ou P+D, le SPF collabore en matière de solaire et pompe à chaleur avec les sociétés suisses 3S Swiss Solar Systems et H+S Solar.

Le Lesbat d'Yverdon collabore avec Elco pour une combinaison solaire et pompe à chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire.

Entre écoles supérieures suisses les échanges aussi sont favorisés: les travaux d'intégration architecturale des éléments solaires du Leso sont partagés avec la HSLU Lucerne et le Supsi de Canobbio.

Enfin à l'avenir, le projet de couches thermochromiques du Leso de l'EPFL pourrait avoir un débouché à terme chez un partenaire industriel suisse qui a déjà la licence pour les verres solaires en couleur. La difficulté des start-up spécialement en énergie solaire est cependant connue dans le paysage suisse.

## Collaboration Internationale

Le SPF prend part aux comités de normalisation européen TC312 pour toutes les normes sur les capteurs solaires. L'institut est aussi actif auprès de l'association Solar Keymark dépositaire du label. Ceci est important car tous les Etats imposent petit à petit ce label à leur marché.

La plupart des projets du programme participe à des tâches de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) dans le programme SHC « solar heating and cooling ». Il y a là un véritable échange de connaissances et des avancées en commun qui ne seraient pas possibles pour un seul pays et spécialement les plus petits ou les moins organisés.

Le SPF collabore avec divers instituts européens pour la mise au point de méthodes ou logiciels ou de tests comparatifs (IWT Graz en Autriche, ITW Stuttgart en Allemagne) ou encore de nouvelles méthodes d'évaluation de combinaisons solaire et pompe à chaleur [8].

La recherche sur les phénomènes de stagnation dans les capteurs est menée à l'ETH Zürich avec le SPF comme expert, et en partenariat avec l'Université de Dresde.

Dans le projet de stockage en soude, l'EMPA fait partie de la Tâche IEA SHC 42, et recherche des collaborations dans un projet européen dénommé COMTES pour augmenter ses moyens financiers et la portée de ses travaux. Le stockage de chaleur reçoit en effet depuis quelques

années des budgets plus importants dans la Communauté européenne grâce à des actions auxquelles nous avons participé, pour montrer que la clé du solaire thermique est avant tout le stockage.

Meteotest et l'Université de Genève ont participé activement à la Tâche 36 sur les données satellitaires [11], et participeront à la nouvelle Tâche 46 qui poursuit les activités dans la prévision du rayonnement solaire sur la planète et la mise à disposition des données sur le Web. Le projet est également étroitement lié au programme européen MESOR, pour lequel un prototype de diffusion des banques de données de rayonnement est disponible sur internet.

Le SPF participe très activement aux travaux de la Tâche IEA SHC 39 sur les nouveaux matériaux pour le solaire (aluminium, polymères) depuis plusieurs années.

Energie Solaire SA a collaboré pour un projet P+D avec l'entreprise allemande Consolar.

Il y a quatre laboratoires suisses et deux industries (ESSA et 3S) participant à la Tâche 44 « Solar and heat pump systems » que nous dirigeons et qui réunit plus de 50 experts de 11 pays différents sur le sujet très demandé par le marché du solaire couplé avec une pompe à chaleur.

Dans l'ensemble, le programme est très lié à l'international mais sur des thèmes qui sont ceux utiles à la Suisse.

## References

- [1] A. Paone, A. Schueler: Advanced switchable selective absorber coatings for overheating protection of solar thermal collectors, Final report, 23 pages (2011).
- [2] A. Schueler, Optical and electronic properties of carbon and nitrogen based nanostructured inorganic thin films, invited keynote lecture, International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films ICMCTF 2010, San Diego, USA, (2010)
- [3] D. P. Gruber, G. Engel, H. Sormann, A. Schueler, W. Papousek, Modeling the absorption behavior of solar thermal collector coatings utilizing graded a-C:H/TiC layers, *Applied Optics*, Vol. 48, No. 8, (2009)
- [4] A. Paone, Thermochromic films of VO<sub>2</sub>:W for « smart » solar energy applications, International conference SPIE on Optics and Photonics, Solar energy and Technology, August 2nd, (2009)
- [5] R. Haberl, E. Frank , Experimental Investigations on Charging and Discharging Strategies of Thermal Energy Stores and Their Effect on System Efficiency, ISES SOLAR WORLD CONGRESS, Kassel, Deutschland, (2011).
- [6] F. Ruesch, E. Frank, « Development of a Test Procedure for External Domestic Hot Water Modules », presented at the EuroSun International conference on Solar Heating, Cooling and Buildings, Graz, Austria, (2010).
- [7] F. Ruesch, E. Frank, « The Influence of External DHW Modules on the Yearly Energy Consumption of Solar Combisystems », ISES SOLAR WORLD CONGRESS, Kassel, Deutschland, (2011).
- [8] M. Haller, E. Frank, On the Potential of using Heat from Solar Thermal Collectors for Heat Pump Evaporators, ISES SOLAR WORLD CONGRESS, Kassel, Deutschland, (2011).
- [9] W. Logie, E. Frank, A Computational Fluid Dynamics Study on the Accuracy of Heat Transfer from a Horizontal Cylinder into Quiescent Water, ISES SOLAR WORLD CONGRESS, Kassel, Deutschland, (2011).
- [10] Swissolar, Le recensement du marché de l'énergie solaire en 2010, (2011).
- [11] J. Remund, S. Müller, Trends in global radiation between 1950 and 2100, Eurosun conference, (2010).

## Projets en cours et terminés dans l'année de référence

(\* Classification de l'AIE)

### SOLAR RESOURCE MANAGEMENT IEA SHC 36

R+D 3.1.1\*

Lead: Meteotest

Funding: BFE

Contact: Remund Jan

jan.remund@meteotest.ch

Period: 2005–2011

Abstract: Le programme AIE « Solar heating and cooling » a lancé la Tâche 36 « Solar Resource Knowledge Management ». Il s'agit d'explorer la qualité de la prévision du rayonnement, la tendance des dernières données internationales et la répartition des aérosols atmosphériques. Le groupe fait appel aux données satellitaires. Les résultats sont intégrés rapidement dans le logiciel suisse Meteonorm.

### ADVANCED SWITCHABLE SELECTIVE ABSORBER COATINGS FOR OVERHEATING PROTECTION OF SOLAR THERMAL COLLECTORS

R+D 3.1.1

Lead: EPFL/ENAC/LESO-PB

Funding: BFE

Contact: Schüeller Andreas

andreas.schueler@epfl.ch

Period: 2007–2011

Abstract: Overheating and the resulting stagnation of solar thermal collectors is a common problem. A promising way to protect solar thermal systems is to produce a selective coating which exhibit a change in optical properties at a critical temperature. This project aims at the development of such new coatings for thermochromic solar collectors.

### SPF SOLAR TRINKWARMWASSERBEREITSTELLUNG 2009–2011

R+D 3.1.1

Lead: Institut für Solartechnik, SPF

Funding: BFE

Contact: Frank Elimar

Elimar.Frank@solarenergy.ch

Period: 2009–2011

Abstract: Die Verwendung von Frischwassermodulen (FWM) zur Bereitstellung von Brauchwarmwasser hat in den letzten Jahren stark zugenommen und ein Vergleich der Angebote ist schwierig. In diesem Projekt soll ein Teststand zur genauen Prüfung von FWM entwickelt und eine repräsentative Anzahl marktüblicher Exemplare miteinander verglichen werden.

### SPF TESTING 2009 - 2011

R+D 3.1.1

Lead: Institut für Solartechnik, SPF

Funding: BFE

Contact: Bohren Andreas

andreas.bohren@solarenergy.ch

Period: 2009–2012

Abstract: Die Messinfrastruktur für die umfassende Beurteilung von solarthermischen Systemen und Komponenten ist vergleichsweise aufwändig. Das SPF-Testing betreibt die notwendigen Einrichtungen auf hohem Niveau und ist damit eines der führenden Labors. Ziel des Projektes ist die Aufrechterhaltung des Prüfbetriebes auf hohem Niveau.

### SPF APPLIED RESEARCH

R+D 3.1.1

Lead: Institut für Solartechnik, SPF

Funding: BFE

Contact: Frank Elimar

Elimar.Frank@solarenergy.ch

Period: 2009–2012

Abstract: Mit diesem Projekt soll dies am SPF ermöglicht und sichergestellt werden. Ergänzend zum applied research ist für die nicht zwingend projektgebundene Kontinuität der internationalen Vernetzung die F&E-bezogene Mitarbeit des SPF in verschiedenen Gremien und working groups sowie die aktive Mitgliedschaft in Verbänden nötig. Hier können die Ergebnisse und Erkenntnisse der SPF regelmäßig zielführend eingebracht und verbreitet werden.

### SPF UNTERSUCHUNG VON EINGETAUCHTEN WÄRMEÜBERTRAGERN FÜR SOLARE WARMWASSER-SPEICHER

R+D 3.1.1

Lead: Institut für Solartechnik, SPF

Funding: BFE

Contact: Frank Elimar

Elimar.Frank@solarenergy.ch

Period: 2009–2011

Abstract: Die Wahl der richtigen Konstruktions- und Dimensionierungsparameter für eingetauchte Wärmeübertrager ist von zentraler Bedeutung für die Be- und Entladung von Warmwasserspeichern. Anhand der neueren Methoden PIV und LIF sollen am SPF ideale Parameter für die Konstruktion und Dimensionierung eingetauchter Wärmeübertrager experimentell bestimmt werden. Die Messergebnisse werden anschliessend zur Validierung angepasster Modelle verwendet.

### SPF NEUE MATERIALIEN IN DER SOLARTHERMIE

R+D 3.1.1

Lead: Institut für Solartechnik, SPF

Funding: BFE

Contact: Brunold Stefan

Stefan.Brunold@solarenergy.ch

Period: 2009–2011

Abstract: Im beantragten Forschungsprojekt sollen neue Kollektorkonzepte ausgearbeitet werden, insbesondere mit Hinblick auf den Einsatz von Polymeren. Diese sollen anhand moderner Simulationsmethoden optimiert und, bei Erfolgsaussicht, als Prototypen umgesetzt und hinsichtlich der Leistungsfähigkeit detailliert gemessen werden.

● IEA SHC TASK 41 "SOLAR ENERGY AND ARCHITECTURE"- DIRECTION DE LA SOUS-TÂCHE A  
"CRITERIA FOR ARCHITECTURAL INTEGRATION"

R+D 3.1.1

Lead: EPFL/ENAC/LESO-PB

Funding: BFE

Contact: Roecker Christian

christian.roecker@epfl.ch

Period: 2009–2012

Abstract: Il s'agit d'assurer une participation active à la Tâche 41 de l'AIE « Solar Energy and Architecture », avec direction de la Sous-tâche A « Criteria for architectural integration », l'organisation de la coordination avec des projets d'autres pays, le développement des critères d'intégration du solaire actif, des séminaires pour architectes, industriels et autorités et la publication de manuels pour architectes, industriels et autorités.

● LEITUNG DES FORSCHUNGSPROGRAMMS "AKTIVE SOLARNUTZUNG"

R+D 3.1.1

Lead: BASE CONSULTANTS SA

Funding: BFE

Contact: Hadorn Jean-Christophe

jchadorn@baseconsultants.com

Period: 2008–2011

Abstract: Le projet a pour but la gestion et la direction des activités du programme de recherche "Solaire actif et stockage de chaleur". Il convient d'initier ou d'évaluer des projets, de les suivre, de les orienter, de les contrôler et de les valoriser.

● AQUAPACSL

R+D 3.1.1

Lead: HEIG-VD / LESBAT

Funding: BFE

Contact: Citherlet Stéphane

Stephane.Citherlet@heig-vd.ch

Period: 2009–2013

Abstract: Ce projet vise à développer une installation pour la production d'ECS en couplant des capteurs solaires thermiques sur l'évaporateur d'une PAC qui soit compétitif du point de vue énergétique, financier et environnemental avec des systèmes existants. Un banc d'essai et des simulations sont prévus.

● SOLCOOL II - PROLONGATION

R+D 3.1.1

Lead: HEIG-VD / LESBAT

Funding: BFE

Contact: Citherlet Stéphane

Stephane.Citherlet@heig-vd.ch

Period: 2006–2011

Abstract: Ce projet consiste à développer et utiliser un stand d'essais permettant de tester une machine de climatisation solaire à sorption en conditions réelles, de valider un modèle de simulation et d'étudier l'intérêt de solutions optimisées pour le climat suisse.

● THERMOHYDRAULIK VON SOLARANLAGEN

R+D 3.1.1

Lead: Eismann Ing.

Funding: BFE

Contact: Eismann Ralph

eismann@lke.mavt.ethz.ch

Period: 2010–2012

Abstract: Das übergeordnete Ziel ist die Erarbeitung eines grundlegenden Verständnisses der instationären Vorgänge in thermischen Solaranlagen mit Einphasen- und Zweiphasenströmungen. Dazu werden Computermodelle entwickelt, mit denen die Vorgänge bei Stagnation, bei Inbetriebnahme und Wartung, im Betrieb und bei Störfällen simuliert werden können.

● NAOH-SPEICHER FÜR SAISONALE WÄRMESPEICHERUNG

R+D 3.1.1

Lead: EMPA

Funding: BFE

Contact: Weber Robert

Robert.Weber@empa.ch

Period: 2007–2010/11

Abstract: Im Projekt „NaOH“ soll ein Wärmespeicher entwickelt werden, welcher eine hohe Speicherdichte aufweist und dessen Speicherverluste nur beim Laden bzw. Entladen des Speichers auftreten. Das Projekt gliedert sich grob auf in Machbarkeitsabklärungen, Bau eines einstufigen Laborprototyps und Erweiterung des Prototyps mit einer zweiten verbesserten Stufe.

● SPF SOL HEAP AND IEA SHC 44 SUBTASK C LEADERSHIP

R+D 3.1.1

Lead: Institut für Solartechnik, SPF

Funding: BFE

Contact: Haller Michel

Michel.Haller@solarenergy.ch

Period: 2010–2013

Abstract: In der IEA-SHC Task 44 „Solar and Heat Pump Systems“, das SPF über das Projekt „SOL-HEAP“ eingebunden ist. Für diesen Task wurde das SPF angefragt, die Leitung des Subtask C „Modeling and simulation“ zu übernehmen. In diesem Subtask werden Simulationsmodelle für Komponenten und Systeme erarbeitet und neue Systemkonzepte mit der Hilfe von Simulationsrechnungen evaluiert und miteinander verglichen.

## ● IEA SHC 44 OPERATING AGENT

R+D 3.1.1

Lead:	BASE CONSULTANTS SA	Funding:	BFE
Contact:	Hadorn Jean-Christophe jchadorn@baseconsultants.com	Period:	2010–2014
Abstract: The project is to lead the IEA SHC Task 44 / HPP Annex 38 Task. The scope of this Task is on small-scale residential heating and hot water systems that use heat pumps and any type of solar thermal collectors. More than 10 countries participate.			

## ● PACSOL: CHAUFFAGE PAR POMPE A CHALEUR SOLAIRE AVEC DES CAPTEURS SÉLECTIFS NON VITRÉS ET ACCUMULATEUR A CHANGEMENT DE PHASE

P+D 3.1.1

Lead:	Energie Solaire SA	Funding:	BFE
Contact:	Bernard Thissen bernard@energie-solaire.com	Period:	2011–2013
Abstract: Le système Solaera de la société Consolar avec stockage de chaleur en glace a été développé depuis 2004. Ce système couplé à 30 m <sup>2</sup> de absorbeurs nonn vitrés sélectifs est testé sur une villa de 230 m <sup>2</sup> en Valais. Le but est d'évaluer les performances annuelles du système pompe à chaleur - stock de glace rechargeé par le solaire. Le projet participe à la Tâche IEA SHC 44.			

## ● BAUGENOSSENSCHAFT SONNENGARTEN IN ZÜRICH

P+D 3.1.1

Lead:	naef energietechnik	Funding:	BFE
Contact:	René Naef naef@naef-energie.ch	Period:	2011–2013
Abstract: Wie ist die Einbindung der unverglasten, selektiven Kollektoren in ein System mit Unterstationen und Fernwärme auszurüsten? Wie gross sind die Gewinne der Kondensationswärme bei unverglasten, selektiven Kollektoren bei der geplanten Anwendung?			

## ● PROJET DE STOCKAGE SAISONNIER EN TERRE DE CHALEUR SOLAIRE DE FLORENCE-CHAMPENDAL

P+D 3.1.1

Lead:	SIG, Services Industriels de Genève	Funding:	BFE
Contact:	Michel Monnard michel.monnard@sig-ge.ch	Period:	2010 - 2016
Abstract: Projet d'installation solaire pour un ensemble de bâtiments de 90'000 m <sup>2</sup> prévoyant 3000 m <sup>2</sup> de capteurs et un stock souterrain diffusif de 45'000 m <sup>3</sup> .			







