

# 1992

## SOLAIRE THERMIQUE ET STOCKAGE DE CHALEUR

Rapport de synthèse  
sur les activités 1992 du programme de recherche

**Chef de programme: P. Bremer**

### 1. Objectifs

L'année 1992 a été une année intermédiaire entre les programmes 1988-1991 et 1992-1995. Bien que la plupart des domaines d'application de l'énergie solaire thermique aient été traités, ils doivent être consolidés dans la pratique. Le nouveau programme élargit les applications à la production de froid et d'électricité thermosolaire. La collaboration avec l'industrie est renforcée.

Quatre projets ont pu être menés à terme [6, 7, 22, 23]. Deux projets sont en voie d'achèvement [8, 14]. Onze projets sont encore en cours [1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 13, 21] et six projets sont nouveaux [15, 16, 17, 18, 19, 20].

### 2. Les travaux effectués en 1992

#### Météorologie solaire

Dans le cadre de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE), la Tâche 9 avait, entre autres, la responsabilité de déterminer des **techniques adéquates pour l'interpolation spatiale du rayonnement solaire** et des **procédures d'établissement de données météorologiques annuelles de référence** (DRY : *Design Reference Year*). Bien que les travaux soient terminés, la rédaction internationale des rapports finals est restée en souffrance et leur parution a dû être reportée à 1993 [1].

Rappelons que 16 "DRY" ont été établis pour la Suisse et sont obtenables auprès de l'EMPA, Abt. Bauphysik, Dübendorf.

Ces procédures seront utiles pour la *mise à jour de la publication* METEONORM 95.

#### Composants

Comme par le passé, les travaux de recherche courants concernant tous les aspects de la technique des capteurs actifs ont été poursuivis au **Laboratoire fédéral d'Héliotechnique de Rapperswil**. Les résultats principaux sont [2] :

- 27 nouveaux capteurs ont été testés, ce qui porte leur nombre au total à 55. Les catalogues des protocoles de mesures ont été diffusés à plus de 700 exemplaires.

- . La demande pour *des essais particuliers est en constante progression* : 17 capteurs ont été testés selon des cahiers des charges spécifiques, notamment 4 capteurs construits par des associations de constructeurs en "do-it-yourself" (Selbstbaugruppen).
- . L'infrastructure de mesures a été complétée d'un *stand pour les capteurs à air*.
- . Le rapport sur la résistance aux intempéries des couvertures transparentes (*plus de 3 ans d'essais*) paraîtra en 1993.
- . Le rapport sur le *traitement de surface des absorbeurs* (établi en commun avec des centres de recherche suédois et allemand) est en procédure de consultation.
- . Les essais sur les *caloporteurs haute température* (170 °C) permettent d'envisager une solution satisfaisante au lancinant problème de la surchauffe des capteurs à l'arrêt.

Dans le cadre du projet AIE *Advanced Active Solar Energy Systems* (TACHE 14), auquel participent 9 pays, l'amélioration de performance d'un chauffe-eau escomptée par réduction du débit capteur n'est pas confirmée, *du moins pas sur les configurations typiquement suisses*. La maîtrise d'une stratification optimale dans l'accumulateur reste un art difficile. Néanmoins, grâce à la synergie résultant des expériences acquises dans les autres pays, une **toute nouvelle conception d'un chauffe-eau solaire a pu être imaginée**. Elle se distingue par sa simplicité et son coût de production nettement réduit. Un premier prototype a été construit et sera testé en 1993 [3].

L'élément principal d'un **capteur est son absorbeur**. C'est aussi l'un des plus coûteux. Réduire les coûts tout en améliorant le rendement d'absorption est le but du nouveau projet "**Absorbeur 2000**" lancé en commun avec les Universités de Bâle et de Hambourg. Partant de la construction classique dite "tube à ailette", il s'agira de développer une *méthode de fabrication* industrielle et un traitement de surface sélectif *non galvanique* [4].

Les *chauffe-eau solaires intégrés* (capteur et accumulateur dans une même unité) sont peu pratiqués en Suisse. Ils ont l'avantage de simplifier le raccordement au réseau d'eau. Dans le projet "TOBLERONE", trois prototypes sont à l'étude. Ils ont la forme du chocolat bien connu, dont *deux pans ont la fonction d'absorbeurs*. Les prototypes ont été fabriqués et les essais auront lieu en 1993 [5].

## Applications

Plusieurs projets, dont *la durée s'est étendue sur plusieurs années*, ont pu être menés à terme:

- . Les performances d'**installations solaires de production combinée d'eau chaude et de chaleur de chauffage** de trois maisons individuelles, identiques aux habitants près, ont été mesurées pendant deux saisons. Le but du projet était d'analyser diverses configurations du système de gestion de l'accumulateur, **notamment l'injection directe**.

Les résultats principaux obtenus sont :

L'injection directe donne les meilleurs résultats, *mais pas d'une façon significative*. En effet, la puissance de chauffage solaire et le volume de stockage de ces installations sont souvent trop faibles par rapport à la demande de chauffage, de sorte qu'il y a rarement excès de chaleur. En outre, dans les 2 autres installations du type "en vrac", l'accumulateur n'est pas raccordé à la chaudière (ce qui est la configuration "normale"), ce qui réduit les pertes de stockage d'autant et rapproche leur performance à celle de l'injection directe.

Ce sont ces deux dernières configurations qu'il faut *recommander pour ce type d'application* et réserver l'injection directe au *cas de stockage long terme* [6].

- . Les expériences acquises sur le projet **SOLARIN2** (400 m<sup>2</sup> de capteurs évacués, chaleur industrielle) ont été consignées dans le rapport final, encore en consultation. Ce rapport servira également de *guide pour les applications industrielles* [7].

Le projet "**Marcinhès**", un **centre industriel et artisanal**, a finalement dû être interrompu, les installations n'étant toujours pas terminées et le bâtiment sous-occupé. Les mesures ont été arrêtées. Il a été convenu avec le responsable du projet que le rapport final fera l'objet de la thèse d'un doctorant, qui a plus particulièrement suivi l'installation de pompe à chaleur avec stock solaire saisonnier en terre. La thèse paraîtra en octobre 1993 [8].

Les projets suivants *sont toujours en cours* :

L'installation **pilote de stockage saisonnier en nappe phréatique** a dû être modifiée, afin de freiner l'écoulement important constaté lors de la première année de fonctionnement. Un système *deby-pass hydraulique* a été mis en place en 1992. L'installation sera de nouveau opérationnelle en 1993 [9].

Le dixième cycle de **SPEOS (Stockage de chaleur en nappe phréatique, EPFL)** a confirmé le bon fonctionnement de l'échangeur à lit fluidisé, mais le colmatage des drains en aval, initialement nul, s'est progressivement manifesté. Lors d'un *colloque international*, une équipe de chercheurs allemands a proposé un *dispositif d'injection de CO<sub>2</sub> à métal fritté* qui "pulvérise" les bulles de CO<sub>2</sub>. Les résultats obtenus à ce jour donnent pleine satisfaction [10].

La préétude concernant la possibilité d'un **stockage latent de chaleur de récupération dans un système industriel** est retardée par des difficultés opérationnelles du système de rejet de chaleur. Il s'agit d'un séchoir à air chaud d'engrais produits à partir de boues de station d'épuration d'eaux usagées. L'échangeur air/eau s'encrasse rapidement par la charge organique de l'air. Le problème à résoudre d'abord est la filtration de l'air avant de pouvoir entreprendre la préétude [11].

Un système de **régulation prévisionnel** a été installé sur deux chauffe-eau solaires dans deux maisons familiales identiques. Le circuit solaire comporte, en outre, un échangeur de chaleur sur le retour d'un chauffage de sol. Il s'agit de mettre en évidence le gain de performance obtainable en gérant la production d'eau chaude, le chauffage et la chaudière d'appoint en fonction d'*algorithmes de commande optimale* basés sur la *prévision de l'ensoleillement et de la température extérieure*. Afin d'éviter un biais entre les deux utilisateurs, la régulation prévisionnelle est alternée tous les 15 jours entre les deux villas. La mise en service a eu lieu fin octobre 1992 et les premiers résultats sont attendus après la période de chauffage 92/93 [12].

Dans une première phase d'approche technologique, le **Laboratoire d'Energie Industrielle de l'EPFL (LENI)** a pu tester au banc d'essais et sur site un circuit solaire dont le caloporteur est un fluide organique. Le capteur spécial est à la fois *évaporateur et condenseur*. Il est constitué de tubes évacués et de tubulures de condensation. Les valeurs de température et de pression obtenues permettent d'envisager un cycle thermodynamique de Rankine, en utilisant un compresseur scroll *fonctionnant en turbine*. Aussi a-t-il été décidé d'entamer en 1993 la deuxième phase dédiée aux essais pratiques sur turbine scroll, domaine d'application inexploré jusqu'ici. Les aspects théoriques du circuit seront étudiés par le **LES (Lab. für Energiesysteme) de l'EPFZ** [13].

Le **capteur "asphalte"**, serpentín de cuivre coulé dans *l'asphalte d'une zone piétonnière* et servant à la recharge d'un stock en terre alimentant une pompe à chaleur, a produit 330 kWh/m<sup>2</sup> an pendant la saison 91/92. Les prévisions initiales de 250 kWh/m<sup>2</sup> an sont donc nettement dépassées. La campagne de mesure est terminée et le rapport final est en préparation [14].

Six *nouveaux projets* ont été mis en route :

Le projet "**SAILLON 1 MW Solaire**" comporte 1'000 m<sup>2</sup> d'absorbeurs (sans couverture transparente) installés sur les toits d'un complexe de 48 logements. Ce projet bénéficie d'une aide financière de la Confédération au titre de projet pilote P+D. Les absorbeurs alimentent un stock saisonnier en aquifère et une *distribution de chaleur originale CALOBUS* (eau chaude et chauffage par le même réseau). Le projet de recherche consiste en un suivi expérimental de l'installation solaire. La mise en service est prévue pour le printemps 1993 [15]

- Les sheds d'une halle industrielle sont couverts de **panneaux photovoltaïques hybrides refroidis à l'air**. L'air ainsi préchauffé est utilisé pour la ventilation de la halle. En été, la chaleur est stockée en terre. Le projet comporte la modélisation du système et le suivi expérimental. Le système de mesure (140 variables) a été mis en place et les mesures ont débuté en novembre 1992. L'ensemble électrique et thermique fonctionne selon les prévisions. La puissance thermique est environ 4 à 5 fois plus grande que la puissance électrique, soit un rendement "hybride" de l'ordre de 60 %. Une analyse complète sera possible en automne 1993 [16].
- Les résultats de mesures de la **maison familiale autonome** (80 m<sup>2</sup>/118 m<sup>3</sup> de stockage en cuve à eau) avaient démontré un large surdimensionnement. Les excédents sont maintenant injectés dans la fabrique d'équipement solaire voisine. Son toit est entièrement couvert de capteurs solaires (520 m<sup>2</sup> électriques, 80 m<sup>2</sup> thermiques), ce qui permet d'assurer **l'autonomie énergétique de cette fabrique**. Le chauffage est assuré par une pompe à chaleur. Le système d'acquisition de données a été installé : les mesures ont débuté en juillet (photovoltaïque) et en décembre 1992 (thermique) [17].
- Le **préchauffage d'eau chaude sanitaire** (e.c.s) dans les maisons multifamiliales est actuellement *l'application optimale* (énergétiquement et économiquement) de l'énergie solaire. Il importe également d'en faire les bilans. Afin d'éviter de longues périodes de mesures, une méthodologie de mesure rapide (quelques semaines) a été mise au point pour des petites installations familiales Il importe de l'étendre à des installations plus grandes. C'est le but du projet "**Signature énergétique d'une grande installation de préchauffage d'e.c.s**". Il se présente sous la forme d'un immeuble des années 60, 126 logements, 400 habitants. Lors d'une rénovation, 210 m<sup>2</sup> de capteurs et un accumulateur de 4 m<sup>3</sup> ont pu être installés. Le bouilleur électrique existant est de 2 m<sup>3</sup>. La consommation moyenne est de 20 m<sup>3</sup>/jour. L'installation de mesure est terminée et les mesures fines commenceront en 1993 [18].
- Le **séchage solaire du foin est très répandu en Suisse**. On compte quelque 1'300 installations, la plupart construites par leur propriétaire. Le dimensionnement de ces installations se fait selon un programme de calcul établi en son temps sur un modèle réduit. Il s'agissait de vérifier par des mesures sur des installations réelles. En même temps, un questionnaire a été envoyé aux 1'300 propriétaires : 550 ont répondu. Le dépouillement est en cours. Plusieurs installations font ou feront l'objet de mesures selon la nature du toit : *Eternit ondulé, toit alu, ou encore de toit tuiles*. L'analyse des mesures sera terminée au début 1993 et les résultats serviront au cours "PACER" [19].
- Un **bâtiment administratif climatisé** est en quelque sorte un objet idéal pour l'application de l'énergie solaire active, la réfrigération estivale pouvant être réalisée au moyen de machines de froid à absorption. Une *préétude théorique au moyen de modèles de simulation* a débuté en novembre 1992. Il s'agira d'optimiser la production de froid et de chauffage d'un bâtiment administratif fortement isolé et d'atteindre un *taux de couverture aussi élevé que possible* [20].

## Logistique

Le projet d'une **signature énergétique pour installations solaires (production combinée d'eau chaude et chaleur de chauffage)** a dû être définitivement interrompu, le chercheur responsable des programmes informatiques étant tombé gravement malade. L'état d'avancement des travaux a néanmoins pu être conservé sous une forme *permettant un achèvement du projet* [21]. Ceci se fera dans le cadre d'une sous-tâche (présidée par la Suisse) de la Tâche 14 déjà évoquée.

Le **logiciel informatique convivial pour praticiens POLYSUN** (*voir exemple page de garde*) est terminé et disponible auprès de InfoEnergie. Dans sa version actuelle, il tourne sur Windows 3.1 et comprend les données d'ensoleillement de tout lieu en Suisse, les données techniques de tous les capteurs testés au Laboratoire de Rapperswil et permet le calcul détaillé d'installations de production d'eau chaude sanitaire. *Une mise à jour permanente est assurée* [22].

L'analyse socio-économique des facteurs limitant l'utilisation de l'énergie solaire est terminée et se présente sous document très complet brochant la situation actuelle de l'énergie solaire thermique en Suisse. Les milieux immobiliers ont été contactés, ainsi que les constructeurs de matériel solaire. Parmi les nombreux obstacles analysés citons : les obstacles économiques et financiers, les rapports propriétaireslocataires, la réglementation en matière de droit des constructions, le manque d'information des décideurs. Ce document sera fort utile dans le cadre du programme Energie 2000 [23].

### 3. Collaboration nationale et internationale

Le projet "Absorbeur 2000" s'effectue en collaboration avec le programme de recherche en thermochimie et avec l'industrie. De même, la nouvelle conception d'un chauffe-eau solaire bénéficie de la collaboration de l'industrie.

Internationalement, la participation de la Suisse aux projets de l'Agence Internationale de l'Energie dans le domaine de l'énergie solaire thermique (SOLAR HEATING AND COOLING PROGRAMME) reste très active :

- . Le projet *Advanced Solar Energy Systems* entrera dans sa 4ème année en 1993. La Suisse assume la présidence d'une sous-tâche.
- . La préparation du nouveau projet *Advanced Glazing and Associated Materials for Solar and Building Applications* est terminée. La Suisse participera à au moins 6 sous-tâches.
- . Le projet *Central Solar Heating Plants with Seasonal Storage in the Built Environment* a dû être reporté d'une année par manque de projets concrets, bien que la Suisse aurait au moins 2 projets à présenter.

### 4. Transfert à la pratique

De nombreux projets d'application sont une forme pratique de transfert des connaissances. Ce type de transfert est en outre favorisé par les projets "Pilote et Démonstrations".

Un séminaire d'information sera organisé en 1993.

### 5. Perspectives 1993

Divers nouveaux projets sont prêts à être mis en oeuvre en 1993, notamment l'étude d'un système de récupération de chaleur dans les serres horticoles et, comme déjà mentionné, la poursuite des essais sur un cycle de Rankine solaire.

### 6. Liste des projets en cours

- [1] A. Zelenka, ISM, Zürich : **Techniques for Supplementing Network Data.** (RA)
- [2] U. Frei, Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle ITR, Rapperswil : **Leistungsfähigkeit und Lebensdauer von Solaranlagen.** (RA)
- [3] U. Frei, Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle ITR, Rapperswil : **Optimierung von solaren Wasserwärmungsanlagen mittels der "Low-Flow"-Technik.** (RA)
- [4] U. Frei, Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle ITR, Rapperswil : **Absorber "2000".** (RA)

- [5] J.-Ch. Hadorn, BSI en collaboration avec Energie Solaire SA à Sierre, *Lausanne* : **Chauffe-eau solaire intégré.** (RA)
- [6] O.Zahn, L.Keller, M.O.Nilsson, C.Calatayud, Bureau d'Etudes Keller & Zahn, *Lavigny* : **Mise au point et test d'installations solaires à injection directe simplifiée.** (RF)
- [7] J.V. Hurdes, Hurdes Energieconsulting, *Langwiesen* : **Industrielle Sonnenenergieanwendung in der Praxis.** (RF) (à paraître).
- [8] A.Mermoud, D.Pahud, O.Guisan, B.Lachal, Groupe de Physique Appliquée et Centre Universitaire d'Etude des Problèmes de l'Energie de l'Université de Genève, *Genève* : **Etude du Centre Industriel et Artisanal Marcinhès à Meyrin (GE).** (RA)
- [9] J.-Ch. Hadorn, BSI en collaboration avec Energie Solaire SA à Sierre, *Lausanne* : **U-Sierre.** (RA)
- [10] B. Saugy, EPFL, LMS-GPGU + EPFL, LENI + EPFL, SE, *Lausanne* : **Suivi scientifique de SPEOS, SPEOS Test de traitement et évaluation.** (RA)
- [11] F. Righetti, Intertecnic SA, *Vevey* : **Stockage latent intégré dans un système industriel.** (RA)
- [12] J.-L.Scartezzini, EAUG/CUEPE, Université de Genève, *Genève* : **Régulateur prévisionnel appliqué à une installation solaire active.** (RA)
- [13] Y. Allani, LENI-DME, EPFL, *Lausanne* : **Mini-centrale solaire alpine "SCIP": phase d'approche technologique.** (RA)
- [14] B. Matthey, Ing.-Conseils SA, *Montezillon* : **Analyse du bilan énergétique de l'installation héliogéothermique de la salle polyvalente de Cortailod/NE.** (RA)
- [15] J.-Ch.Hadorn, Energie Solaire SA à Sierre, BSI *Lausanne* : **Saillon 1MW solaire.** (RA)
- [16] P. Berchtold, Ing.Büro für Energie & Haustechnik, *Sarnen* : **Fabrikgebäude mit einem hohen solaren elektrothermischen Deckungsgrad.** (RA)
- [17] P. Stähli, Ingenieurschule Burgdorf, Abt. Energietechnik, *Burgdorf* : **Energie-messung an Solarwerkstatt Jenni.** (RA)
- [18] B. Lachal, CUEPE, *Genève* : **Application d'une procédure de test à un système solaire de préchauffage de l'ECS : SPIRKL-CGO.** (RA)
- [19] K. Egger, INFOENERGIE, *Tänikon* : **Sonnenkollektoren für die Heubelüftung : Erfolgskontrolle.** (RA)
- [20] O. Berchtold, Ch. Fillieux, Basler & Hofmann, *Zürich* : **Ganzjährige Nutzung der Solarenergie in Bürogebäuden.** (RA)
- [21] A. Eggenberger, Eggenberger Bauphysik AG, *Burgdorf* : **Kurztestmethode für Sonnenenergieanlagen (KTSA).** (RA)

- [22] E. Rohner, Exertec Engineering AG, *Rapperswil* : **POLYSUN, allgemeine Benutzeroberfläche für solartechnische Programme.** (RA)
- [23] P. Rezzonico, Bureau P. Krummenacher, *Villars-Burquin* : **Analyse socio-économique des obstacles à l'utilisation de l'énergie solaire thermique.** (RF)

(RA) Rapport annuel disponible

(RF) Rapport final disponible

**en 1992**

