

1989

SOLAIRE THERMIQUE ET STOCKAGE DE CHALEUR

Rapport de synthèse
sur les activités 1989 du programme de recherche

Chef de programme: P. Bremer

1. Objectifs

Le programme de recherche met l'accent sur les points suivants:

- Compléter l'acquis pour le transfert des connaissances.
- Les nouveaux matériaux.
- Les éléments de conception avancée ou nouvelle.
- Les potentialités de la convection naturelle.

Les travaux exécutés en 1989 concernent essentiellement le premier point en vue du programme d'action PACER de l'Office fédéral des questions conjoncturelles consacré aux énergies renouvelables et qui débutera en 1991.

Le volet **nouveaux matériaux** fait partie du mandat confié à l'ETS de Rapperswil et se poursuit normalement.

Quant aux deux derniers points, ils seront pris en charge dans une nouvelle tâche de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) consacrée aux "Advanced Active Solar Energy Systems", dont les activités commenceront en 1990.

2. Les travaux effectués en 1989

La météorologie solaire

Dans le cadre des recherches de l'AIE, l'une des tâches est coordonnée par la Suisse et a pour but de déterminer les **techniques adéquates pour interpolation spatiale du rayonnement** à partir des réseaux nationaux ou régionaux de mesure. Les travaux préparatoires sont terminés. Il s'agissait d'abord de réunir toutes les données des pays participants (Suisse, Suède, Allemagne fédérale, 3 réseaux américains) en un fichier informatique commun et normalisé, puis de sélectionner les modèles d'interpolation pour évaluation. Parmi les 8 modèles retenus, la **méthode des géologues** (Kriegerage) proposée par la Suisse a été retenue. Pour l'évaluation qui va commencer, la collaboration internationale devient déterminante en ce que chaque participant analysera pour les autres une ou plusieurs méthodes avec le fichier commun [1].

Un autre projet est dévolu à l'établissement de **données météorologiques de référence** à l'attention des utilisateurs, notamment de logiciels d'analyse et de dimensionnement. Une enquête initiée par la Suisse et effectuée auprès d'utilisateurs potentiels dans les pays participants a confirmé ce besoin et permis de préciser les grandeurs physiques recherchées. Outre le rayonnement solaire, la température de l'air, l'on s'intéressera particulièrement aux **températures du sol à différentes profondeurs et du rayonnement infrarouge du ciel**, grandeurs déterminantes dans la calorimétrie d'un bâtiment. Dans ce contexte, il faut signaler l'aboutissement d'un projet NEFF sur l'application des **méthodes stochastiques pour la génération synthétique** de valeurs horaires du rayonnement et de température de l'air [2,19].

Si les mesures du rayonnement (éclairage énergétique) émanant des services météorologiques suffisent pour les applications thermiques de l'énergie solaire, il n'en est pas de même lorsque l'intensité de la transformation énergétique dépend de la longueur d'onde, tout particulièrement dans les **conversions photovoltaïque et photochimique**. Dans une préétude, les besoins des chercheurs dans ces domaines ont été analysés et la faisabilité **d'un projet de mesure du spectre** solaire a été étudiée. Des besoins étant également ressentis au niveau international, une suite éventuelle est envisagée dans le cadre de l'AIE [3].

La procédure de calcul pour la détermination de l'influence de l'horizon sur le rayonnement est disponible sous forme informatique et sera intégrée dans la nouvelle version METEONORM pour PC [4].

Composants

Le fait marquant a été la **mise en service du nouveau stand d'essai** des capteurs au Laboratoire d'essais des composants, établi à l'ETS de Rapperswil. Ces installations sont probablement les plus modernes au monde. Entièrement automatisées, il est maintenant possible de déterminer les caractéristiques d'un capteur en quelques jours de mesures, alors qu'avec l'ancienne installation à l'Institut Paul Scherrer, il fallait plusieurs semaines. Les travaux concernant la longévité des absorbeurs et des isolations transparentes, les propriétés des caloporteurs, se poursuivent dans le cadre de l'AIE [5].

Une étude a permis de faire le point au sujet du **stockage par chaleur latente**. Il en ressort qu'une approche plus globale est nécessaire dans ce domaine et que des lacunes existent encore. Néanmoins, des produits fiables sont disponibles et sont notamment appliqués avec succès au stockage journalier dans le cas particulier du chauffage par le sol. Le phénomène encore mal maîtrisé de la surfusion (du retard de cristallisation, c'est-à-dire une conservation de l'énergie latente à température ambiante), permettrait de réduire les pertes dans le cas du stockage latent saisonnier et le handicap d'un faible nombre de cycles d'utilisation [6].

Le projet concernant les **caractéristiques de capteurs non couverts** souffre toujours d'un changement de personnel, qui devrait être prochainement résolu [7].

Pour les applications de l'énergie solaire fonctionnant à une **température de 600°C et plus** (centrales thermiques, procédés chimiques), le problème du stockage court terme doit être résolu d'abord de façon expérimentale. Une première approche testée à l'Institut Paul Scherrer est basée sur le stockage sensible dans des matériaux solides (porcelaine, magnésite, gravier de lave), le caloporteur étant de l'air chaud. Les premiers essais sur ces matériaux montrent une bonne stabilité thermique (jusqu'à 800°C) et mécanique. Ces recherches complètent d'autres travaux à l'échelle internationale: matériaux de stockage latent (Allemagne fédérale), sels de fusion haute température (USA) [8].

Application

L'étude comparative des deux installations solaires de production d'eau chaude et de chauffage des maisons multi familiales de Dübendorf a fourni des résultats intéressants. *A surface de captage et consommation identiques, le rendement dépend essentiellement (jusqu'à 30 %) de la gestion du stock.* A ce point de vue, ni l'une ni l'autre des installations n'est optimale et toutes les deux peuvent être améliorées et/ou simplifiées. Cette étude a permis la mise au point de programmes de calcul et d'étude paramétriques performants [9].

Les premières mesures effectuées de janvier à juin 1989 sur 3 maisons familiales au Grand-Saconnex, projet qui faisait suite au précédent, confirment les résultats ci-dessus et montrent, en outre, que *le rendement des chaudières à mazout peut être influencé par le mode de gestion du système solaire*. Les mesures continuent jusqu'à l'été 1990 [10].

L'installation de 400 m² de capteurs évacués du projet SOLARIN 2 produisant de la chaleur à haute température (~200°C) pour une fabrique de produits alimentaires, a été officiellement inaugurée le 10 novembre 1989 en présence des autorités cantonales bernoises. La campagne de mesure a débuté et se poursuivra toute l'année 1990. Ce projet a permis la mise au point de procédures d'optimisation technico-économiques d'installations solaires de ce type. Ainsi, le rendement du circuit solaire devrait atteindre 35 %, soit une augmentation de 9 % par rapport aux installations similaires existantes [11, 12].

Le projet du **Centre Industriel et Artisanal Marcinhès, Genève** (1'000 m² de capteurs, 20'000 m³ de stockage souterrain, solaire passif, pompe à chaleur) a subi des retards très importants dans la construction de l'immeuble. Les systèmes de mesures sont en place et les premières mesures (sur un bâtiment en fonctionnement partiel) sur le champ de capteur et la charge du stockage souterrain ont été effectuées et analysées. Les mesures complètes ne pourront commencer qu'à partir de l'été 1990 [13].

Les installations de chauffage à pompe à chaleur tirant leur chaleur du sol sont souvent complétées par un circuit à capteurs solaires réchauffant le sol pendant l'été. Une solution originale a été proposée pour une installation de ce type en construisant le capteur à même le sol sous une couche d'asphalte. **Ce capteur asphalte** est composé d'un serpentin de cuivre posé sur du tout-venant compacté et une couche en enrobé, le tout couvert d'une couche d'asphalte de 25 mm. Sa construction est terminée, la mise en service et le suivi des mesures ont débuté. Si les performances sont bonnes, ce procédé peut être généralisé [14].

Une première suisse, entièrement due à l'initiative privée, est **la maison familiale énergétiquement autonome JENNI**. 84 m² de capteurs chargent 3 cuves de stockage d'une contenance totale de 118 m³ et 43 m² de panneaux photovoltaïques délivrent leur courant à des batteries d'une capacité de 48 kWh. L'installation, complètement instrumentée, a été mise en service en juin 1989 et le suivi des mesures se fera sur 2 saisons au moins. A la fin décembre 1989, les niveaux de température des stocks dépassèrent les valeurs les plus optimistes et les batteries électriques étaient pleines. Est-ce le début de l'ère solaire 100 % ? [15].

Les mesures faites pendant une saison sur **5 installations solaires chauffant l'eau de piscines ouvertes** montrent que des *rendements voisins de 50 % peuvent être atteints* avec des capteurs non couverts. Néanmoins, la comparaison entre les valeurs mesurées et calculées n'est pas satisfaisante. Il s'avère que le coefficient de pertes des capteurs dépend de nombreux facteurs, notamment du vent, de l'humidité et de la technique de montage. Une analyse plus approfondie des mesures reste à faire [20].

La phase expérimentale du **projet SPEOS**, stockage saisonnier dans la nappe phréatique à une température de 50/70 °C, est terminée. Elle va être suivie d'une phase d'exploitation pilote pendant 3 ans. Le stock accumulera, à partir d'un chauffage urbain alimenté en gaz de boues d'épuration (STEP Lausanne), la chaleur estivale excédentaire et la fournira en hiver pour le chauffage de la salle omnisports de l'EPPL et de l'UNIL. Un élément nouveau, soit un échangeur de chaleur à lit fluidisé (détartrage mécanique) sera mis en service. Pendant cette phase, le suivi scientifique concernant l'impact biogéochimique sur la nappe phréatique sera maintenu [16, 24].

Logistique

Le projet **signature énergétique solaire (Kurztestmethode)** vise à développer une méthode permettant de déterminer la performance long terme d'une installation solaire sur la base d'une courte période de mesure. Parmi les diverses méthodes proposées, celle développée à l'Université de Munich permet la mesure in situ avec un minimum de points de mesure. Cette méthode est analysée dans un groupe de travail international ad hoc et le projet adaptera la méthode aux techniques utilisées en Suisse [17].

Le programme de **simulation d'installations solaires compactes** (production d'eau chaude et apport au chauffage) issu de ce projet a pu être comparé avec un programme de référence international. La différence entre les résultats des deux modèles est inférieure à 5 % [21, 22].

Les travaux dans le cadre AIE, consacrés au stockage solaire saisonnier sont terminés. Les outils (pour PC) **d'analyse économique et de dimensionnement** sont disponibles. Les études technico-économiques montrent que

le coût du kWh solaire dépend moins de la technique de stockage que de la taille des installations. Ils s'établissent, par exemple, dans une fourchette de 0,08 à 0,12 Fr./kWh pour 200 logements à Zürich pour une couverture solaire de 70 %. C'est la meilleure rentabilité économique en énergétique solaire atteignable à ce jour. Il est essentiel que des projets pilotes soient réalisés dans un proche avenir [18]. Dans ce contexte, il faut signaler la parution de l'ouvrage "Wegleitung zur saisonalen Wärmespeicherung", traduction de l'original "Guide du stockage saisonnier" [22].

3. Activités internationales

Outre les séances de travail organisées dans le cadre des différents projets de l'AIE, la Suisse a participé activement à un séminaire réunissant les spécialistes de la modélisation mathématique de systèmes solaires. Le programme G3 présenté par l'Université de Genève, s'est révélé tout aussi précis que les programmes "lourds", et imbattable quant à la vitesse de calcul et à la simplicité d'emploi [21].

Le document "Inspection procedure for daily hot water systems", issu des travaux de l'AIE et dont la Suisse avait la responsabilité paraîtra en 1990 [23].

La Suisse participera également à un nouveau projet AIE visant l'échange d'expériences en matière de projets innovateurs dans le domaine de l'énergie solaire active. La première séance de travail aura lieu à Lausanne, en janvier 1990.

4. Références

- [1] **A. Zelenka**, "RA89: *Techniques for Supplementing Network Data*".
- [2] **K. Mathis / T.W. Püntener**, "RA89: *Representative Design Years for Solar Energy Applications*".
- [3] **J.-R. Leidner**, "RA89: *Etude prospective sur la mesure du spectre solaire*".
- [4] **S. Kunz**, "RA89: *Berechnung des Horizonteinflusses auf die Globalstrahlung auf beliebig orientierte Flächen - Methodenevaluationen*".
- [5] **U. Frei**, "RA89: *Leistungsfähigkeit und Lebensdauer von Solaranlagen*".
- [6] **L. Keller**, "RA89: *Etude rétrospective et perspective des possibilités techniques et économiques du stockage latent*".
- [7] **J. Keller**, "RA89: *Untersuchungen an unverglasten Kollektoren*".
- [8] **J. Keller / D. Wuillemin**, "RA89: *Speicherung solarer Hochtemperaturwärme*".
- [9] **P. Jaboyedoff** "RA89: *Praxisgerechte Regeln zur optimalen Planung und Ausführung von Sonnenenergieanlagen*".
- [10] **O. Zahn**, "RA89: *Mise au point et test d'installations solaires à injection directe simplifiée*".
- [11] **J.V. Hurdes**, "RA89: *Solar erzeugte Prozesswärme (Solarin 2)*".
- [12] **O. Guisan**, "RA89: *Solarin 2, partie sous-traitée*".
- [13] **O. Guisan**, "RA89: *Intégration et optimisation de systèmes solaires actifs. Etude du Centre industriel et artisanal Marcinhès à Meyrin*".
- [14] **B. Matthey**, "RA89: *Analyse du bilan énergétique de l'installation héliogéothermique de la salle polyvalente de Cortaillod/NE*".
- [15] **K. Marti**, "RA89 : *Energiemessungen am Solarhaus JENNI*".
- [16] **B. Saugy**, "RA89 : *Programme de mesures lors de l'intégration de SPEOS dans un système de chauffage*".
- [17] **A. Eggenberger**, "RA89: *Kurztestmethode für Sonnenenergieanlagen (KTSA)*".
- [18] **P. Jaboyedoff**, "RA89: *Stockage saisonnier de chaleur*".
- [19] **J.-L. Scartezzini / F. Bottazzi / M. Nygard-Ferguson**, "*Application des méthodes stochastiques: dimensionnement et régulation*" (projet NEFF 349/FN 2.331-0.86), EPFL (1989).

- [20] **H. Hobi / H. Meyer / R Schmid**, "*Wärmeerträge von Schwimmbadheizungen mit unverglasten Kollektoren*" (1989).
- [21] **W.S. Duff**, "*Model Testing Workshop*", Colorado State U. (1989).
- [22] **J.-C. Hadorn**, "*Wegleitung zur saisonalen Wärmespeicherung*" SIA/BEW D 028d (1989).
- [23] **U. Frei / J. Keller / R Brunner**, "*Inspection Procedure for Daily Hot Water Heating Systems*" (1990).
- [24] **J.J. Miserez**, "RA89: *Chimie et microbiologie dans le domaine du stockage de l'énergie en nappe aquifère*".