

1995

SOLAIRE THERMIQUE ET STOCKAGE DE CHALEUR

Rapport de synthèse
sur les activités 1995 du programme de recherche

Chef de programme: P. Bremer

1. Les travaux effectués en 1995

Pendant l'année 1995, les divers projets de recherche encourus et entrepris dans le cadre du programme 1992-1995 ont été poursuivis. Quatre projets ont pu être menés à terme, huit sont en voie d'achèvement et six sont encore en cours.

MÉTÉOROLOGIE SOLAIRE

Bien que faisant partie du Programme de recherche "Photovoltaïque", il y a lieu de rappeler ici l'achèvement du projet METEONORM 95, salué par toute la communauté solariste, toutes spécialisations confondues. METEONORM 95 est une mise à jour et une extension des données météorologiques publiées initialement dans le cadre de METEONORM 85. Cette nouvelle version se présente sous la forme d'un logiciel s'appuyant sur une base de données de 10 ans de mesures du rayonnement solaire effectuées dans plus de 60 stations par l'Institut Suisse de Météorologie (ISM). Comme dans la version (écrite) précédente, il est possible de déterminer en moyenne mensuelle le rayonnement et la température en n'importe quel lieu en Suisse, les nouveautés principales étant la génération de valeurs horaires et la prise en compte de l'horizon local. Les fichiers de sortie sont conformes aux besoins des logiciels de dimensionnement disponibles en Suisse [1].

COMPOSANTS

Comme par le passé, les divers travaux concernant la technologie des capteurs et des composants solaires ont été poursuivis au **Laboratoire Fédéral d'Héliotechnique de Rapperswil (SPF-ITR)**.

Les principaux travaux et résultats sont les suivants [2]:

- Le "record" de l'année passée du nombre de nouveaux capteurs testés a été dépassé, passant de 40 à 49, ce qui porte le nombre total à 187. Plus de 1200 exemplaires du catalogue des protocoles de mesures sont en circulation.
- La révision complète des stands d'essais, commencée en 1994, a été poursuivie en 1995 et durera jusqu'en 1996.
- Les essais sur la résistance aux intempéries des couvertures transparentes englobent maintenant 700 échantillons qui ont été exposés pendant 10 ans à Rapperswil et à Davos. L'analyse de cette banque de données unique au monde fera l'objet d'une publication sur un CD-ROM.
- Comme annoncé, un groupe de travail international a été créé sous la dénomination "*Materials for Solar Thermal Collectors*". Un programme de recherche comprenant 6 projets a été élaboré. Le SPF-ITR participe à tous ces projets.
- Les résultats prometteurs initialement obtenus sur des produits antigel de type "éther polyglycolique" n'ont malheureusement pas été confirmés: bien qu'ils restent stables jusqu'à 200 °C, leur faible chaleur massique les rend impropres à l'utilisation pratique dans un circuit de capteurs thermiques. Des essais comparatifs ont montré

une diminution du rendement et du taux de couverture de l'ordre de 10 %. Ces antigels ne peuvent donc pas être recommandés. Le problème de la surchauffe reste ainsi entier.

- Les essais d'essai "système" ont été améliorés. Les cabines de mesure ont été agrandies, elles sont climatisées et le système d'acquisition de données a été complété.
Afin de comparer les chauffe-eau solaires compacts qui apparaissent actuellement sur le marché suisse, suite à l'introduction du chauffe-eau **SOLKIT**, un concours entre constructeurs sera organisé. Après une certaine hésitation de la part de ceux-ci, près de 15 d'entre eux ont décidé d'y participer. Les mesures auront lieu en 1996. Le SPF-ITR a introduit les tests d'un *label de qualité pour les capteurs* selon les normes ISO et européennes. Sur les 6 premiers capteurs testés, seules 2 unités ont satisfait aux critères de qualité requis [2].

Les travaux du projet **Absorbeur 2000** entrepris conjointement entre le Laboratoire de Rapperswil et l'Institut de Physique (IFP) de l'Université de Bâle ont été poursuivis:

- L'appareil de mesure de l'efficacité de captage des ailettes a été intensément utilisé par les principaux constructeurs et certains produits ont pu être nettement améliorés. Ainsi, par exemple, il a été possible d'économiser 20 % de matériau sans réduire le rendement de l'ailette.
- Les essais sur les nouvelles surfaces sélectives donnent satisfaction et sont terminés. Une réunion de travail a été organisée avec 15 représentants de l'industrie, dans le but d'obtenir leur participation à une exécution industrielle. Malheureusement, les industriels se sont abstenus, étant d'avis que le projet *n'était pas encore suffisamment avancé*. C'est pourquoi cette partie du projet sera prolongée en 1996 par une phase de consolidation [2].

Dans des installations solaires d'une certaine importance, comportant un accumulateur de chaleur stratifié, il est utile de connaître avec suffisamment de précision l'énergie contenue dans la cuve de stockage. Cette grandeur peut servir, d'une part, au calcul du bilan de l'installation et, d'autre part, à la gestion énergétique du système. La procédure usuelle consiste à mesurer les températures à plusieurs niveaux et d'en calculer la moyenne. L'équipement requis est relativement important et coûteux. Dans le projet **Mittlere Speichertemperatur** on tente de représenter cette mesure au moyen d'une *seule sonde*. Une cuve d'essai d'une contenance de 300 litres a été construite. Elle permet de simuler différentes configurations de la disposition interne des échangeurs de chaleur. 49 thermocouples, disposés par groupe de 7 sur 7 niveaux, permettent de comparer la température moyenne calculée à celle mesurée par la sonde unique. Les mesures commenceront au début 1996 [3].

Le projet **Konvektion im Wasserraum von Latentspeichern mit kugelförmigen Elementen**, initialement financé par le NEFF, étudie par modélisation mathématique et essais pratiques, le *transfert de chaleur dans un accumulateur à chaleur latente*. Les essais se font sur une configuration classique, composée d'une enceinte remplie de billes d'un diamètre de 70 mm contenant une substance changeant de phase à 27°C.

Il a été possible de créer un modèle de simulation relativement simple et de décrire les phénomènes par les paramètres classiques sans dimension de la théorie des transferts de chaleur, aussi bien dans le cas de convection naturelle que forcée. Ce modèle permettra le dimensionnement de tels accumulateurs avec le logiciel TRNSYS [4].

APPLICATIONS

La phase actuelle du projet, **Centrale électro-solaire alpine**, entrepris en commun par les EPF de Lausanne et Zürich, basé sur la conception d'un *cycle de Rankine à 2 étages*, est terminée. Les essais effectués durant tout l'hiver sur le nouveau capteur CEP2 ont donné des résultats mitigés, et certains éléments du programme n'ont pas pu être exécutés. En effet, si le concentrateur s'est comporté de manière satisfaisante dans les intempéries, ce ne fut pas le cas des *structures paravalanche de soutien*; les fondations ont cédé suite à une coulée de neige, interrompant les essais et les mesures. Selon les responsables, ce type d'événement serait vraiment exceptionnel et ne devrait pas remettre en cause l'utilisation de paravalanches comme support.

Une première turbine *scroll*, adaptée à partir d'un compresseur HITACHI, a été testée avec succès. La puissance de cette machine étant limitée à quelques kW, un nouveau modèle TRANE, *pouvant aller jusqu'à 15 kW*, a été étudié. Le banc d'essais bi-étage a été mis en service avec cette turbine au cycle inférieur, une vanne plus un échangeur en guise de turbine au cycle supérieur. Des problèmes sont apparus au niveau des pompes à fluide de travail et ont nécessité de longs délais de correction. Bien que le projet, dans sa définition initiale (faisabilité) puisse être

considéré comme terminé, il serait souhaitable, pour être plus concluant, de bénéficier d'une extension visant à aboutir à un concept détaillé de *centrale expérimentale de quelque 10 kWél*. Une proposition dans ce sens a été élaborée [5].

Le complexe de 44 logements **SAILLON 1 MW Solaire** [6] (62 m² de capteurs vitrés, 957 m² d'absorbeurs non-vitrés, stock saisonnier en aquifère de 7'500 m³, appoint par chaudière au mazout, distribution par CALOBUS sanitaire) est entré dans son deuxième cycle de fonctionnement. Rappelons que le premier avait été incomplet et accompagné de problèmes opérationnels. La charge du stock a fonctionné de façon prometteuse jusqu'à fin juin 1995. A partir de cette date, suite à un orage violent, *le niveau de la nappe s'est élevé à une valeur telle qu'il a fallu réduire aussi bien le débit de charge que celui de stabilisation de la nappe pour ne pas inonder les environs de l'habitat*. En conséquence, le cycle de charge a été complètement perturbé, de sorte que les résultats ne sont guère meilleurs que ceux du premier cycle. Le suivi du projet se termine normalement en mars 1996. Compte tenu des difficultés rencontrées, une prolongation du projet est à l'étude.

Les *sheds* d'une halle industrielle sont couverts de **panneaux photovoltaïques hybrides refroidis à l'air**. La surface de captage est égale à 500 m². L'air préchauffé sert à la ventilation de la halle et, en été, sa chaleur est accumulée dans un stock souterrain accouplé à une pompe à chaleur. Un groupe de chaleurforce et une chaudière à mazout complètent l'installation. Les mesures faites sur l'installation s'étalent sur deux saisons complètes (92/93, 93/94). Le rendement électrique et thermique des panneaux est de 9, respectivement 35 %. Le taux de couverture total (chaleur et électricité) atteint 60 à 62 % [7].

Le rapport final sur le projet **Sonnenkollektoren für die Heubelüftung : Erfolgskontrolle in der Praxis** [8] est disponible. Une enquête effectuée auprès de 550 propriétaires d'installations de séchage de foin a permis de mettre en évidence les données suivantes:

- La section de séchage du foin est en moyenne de 154 m² et la surface des collecteurs atteint 247 m². La plupart des installations sont *sous-dimensionnées*.
- Le modèle le plus courant est composé d'un toit en ETERNIT sous lequel se trouvent les canaux de ventilation de l'air de séchage.
- En ~~général~~, les installations sont construites par *les agriculteurs eux-mêmes* avec l'aide des conseillers en vulgarisation agricole. Le coût moyen s'établit à Fr. 39.-/ m², soit Fr. 10'000.- par installation.
- La production de chaleur peut être estimée à 30'000 kWh par an. La consommation électrique des ventilateurs est ramenée en *moyenne de 12 à 7 kWh/100 kg de foin*, soit à 42 %.
- 99 % des propriétaires n'hésiteraient pas à reconstruire leur installation. Le séchage du foin par l'énergie solaire est devenu une spécialité helvétique.

Parallèlement à cette enquête, 5 installations ont fait l'objet de *mesures afin d'en déterminer le rendement* et de le comparer aux valeurs données par un logiciel informatique de dimensionnement développé par la FAT. Il s'avère être un *bon outil pour la planification de telles installations*. Les rendements mesurés sont en général quelque peu supérieurs à ceux calculés, ce qui donne une marge de sécurité. Afin de déterminer directement le débit d'air, ce logiciel sera complété d'une liste des *ventilateurs utilisés*.

L'étude **Ganzjährige Nutzung der Solarenergie in Bürogebäuden** [9] a analysé le potentiel technique et économique de la climatisation de bâtiments administratifs au moyen d'une machine de froid à absorption. Ces machines produisent de l'eau glacée à partir d'une source de chaleur ayant une température d'au moins 75 à 80 °C. Celle-ci peut être atteinte avec des capteurs plans ou évacués. L'intérêt de cette approche est de maximiser la production des capteurs pendant toute l'année, puisqu'en été la demande de froid et l'offre solaire sont en phase.

L'étude a été faite au moyen du programme de simulation TRNSYS, sur la base d'un bâtiment administratif type. Celui-ci est composé de 3 étages, d'un volume de 35m x 20m x 9m = 6'300 m³. L'isolation est poussée, de sorte que les chaleurs internes (personnes, éclairage, bureautique) couvrent une grande partie de la demande de ~~d~~chauffage en hiver.

L'installation comporte dans sa variante de base 160 m² de capteurs évacués, un accumulateur de chaleur de 25 m³ en amont de la machine à absorption et, en aval, un accumulateur d'eau glacée de 15 m³. La puissance de froid est de 26 kW. Une chaudière à mazout sert d'appoint. La distribution de chaleur se fait par radiateurs, celle du froid par

plafonds froids; la ventilation renouvelle l'air une fois par heure. Pour la comparaison, une installation classique comportant un groupe de froid électrique a été retenue.

Les résultats suivants ont été obtenus:

- Avec la variante de base, généreusement dimensionnée, un *taux de couverture de 90 %* peut être atteint.
- L'hypothèse d'une utilisation optimale de l'énergie solaire tout au cours de l'année *n'est pas confirmée*. En effet, aux entre-saisons, la demande de froid ou de chaleur est quasiment nulle, de sorte que *l'installation solaire tourne à vide pendant au moins 3 mois*. La recherche d'un taux de couverture élevé n'est donc pas très intéressante.
- Aux *prix* actuels du marché, les économies d'énergie réalisées suffisent à peine à couvrir les frais d'exploitation. En outre les coûts d'investissement sont élevés, les 2/3 étant dus aux capteurs. En effet, *une grande surface est requise pour compenser le faible coefficient de performance* de la machine de froid à absorption.
- En conclusion, l'utilisation de telles machines, mues à l'énergie solaire, pour la climatisation de bâtiments administratifs, souffre actuellement d'un handicap financier trop important.

Une maison familiale comportant 2 appartements a été équipée d'un **chauffage solaire avec stockage saisonnier** [2]. La surface de captage est de 70 m². Le stockage est réparti sur 2 cuves à eau d'un volume de 40 et 5 m³ (stock saisonnier et hebdomadaire). Une chaudière à bois fournit l'énergie d'appoint. Le système de régulation a été conçu et réalisé au moyen d'*automates programmables* existant sur le marché. Il s'agit d'en optimiser les algorithmes. Ce système, après quelques difficultés initiales, donne satisfaction, mais il peut encore être amélioré. En effet, le taux de couverture annuel atteint sur la première année a été de 87 %, alors que les 100 % devraient être possibles. Un rapport sur les stratégies de réglage optimal sera publié au début 1996.

Le projet GEOSER [10] sert à **l'étude du stockage journalier de la chaleur excédentaire d'une serre**. Trois serres identiques ont été construites. Dans l'une, la chaleur est récupérée par un échangeur air/eau et stockée dans une cuve à eau. Dans une seconde, la chaleur est stockée en terre dans des conduites aménagées sous la serre. La troisième sert de témoin. Le dispositif de 180 mesures d'état et de flux, actif depuis juillet 1993, a fonctionné sans interruption jusqu'au 30 mars 1995. Sur la base du cycle annuel complet, le bilan montre une économie d'énergie thermique de 21 % pour la serre avec stockage en cuve à eau et de 12 % pour la serre avec stockage en terre. Ces valeurs correspondent aux estimations faites initialement. Un modèle de simulation a été développé avec le logiciel TRNSYS et validé au moyen des mesures disponibles. Le rapport final sera élaboré au début 1996 et un colloque international sur le stockage de chaleur et la gestion du climat et de l'énergie sera organisé en février 1996.

L'étude **CLIMSOL: Bilan et perspectives de la réfrigération solaire** [11] analyse, sur la base d'une revue bibliographique très complète, l'application de la machine de froid à absorption dans les installations de climatisation pendant ces 20 dernières années. Cette machine, fonctionnant selon un principe thermochimique et utilisant en général un mélange eau-bromure de lithium, permet de produire de l'eau dite glacée (9 à 14°C) à partir d'eau chaude à 75°C, produite par exemple par des capteurs solaires. Elle a l'avantage d'être silencieuse et d'éliminer les CFC, et le défaut d'avoir un mauvais coefficient de performance, inhérent au principe même de l'absorption.

De nombreuses installations ont été construites de par le monde, surtout au Japon, où un constructeur a pris une place prépondérante. Cependant une percée commerciale stable n'a jamais été atteinte. En Suisse 2 installations ont vu le jour dans les années 80, l'une servant à maintenir un bouteiller à vin au frais, l'autre à la climatisation des locaux du Service d'entretien des autoroutes de Charrat, en Valais. La première fonctionne toujours à la satisfaction du vigneron. Plus récemment, une machine a été installée à l'aéroport de Genève-Cointrin pour la climatisation et la production d'eau chaude d'un restaurant.

Un des problèmes rencontrés est la gestion des puissances déterminées à l'entrée par l'offre solaire et à la sortie par la demande de froid. Les schémas hydrauliques et la régulation deviennent rapidement compliqués. Outre cette tendance à la complexité, le frein majeur au développement de cette technique a été les coûts. En effet, à cause du mauvais coefficient de performance, l'investissement rendu nécessaire par la grande surface des capteurs devient prépondérant.

Il ne paraît pas que ce handicap puisse être levé à court terme, d'autant plus que de nouvelles techniques, plus simples et moins gourmandes en énergie, telles que *la déshumidification de l'air ou des systèmes passifs basés sur l'évaporation de l'eau*, apparaissent sur le marché.

Une installation pilote de **préchauffage d'eau chaude sanitaire au moyen d'absorbeurs sélectifs non-couverts** [12] a été mise en service en mars 1994. Les absorbeurs, d'une surface totale de 77 m², sont posés avec une inclinaison de 5° sur un toit plat et alimentent un accumulateur de 2'500 litres. *Le risque de surchauffe étant éliminé*, il devient possible de simplifier notablement l'installation:

- par l'isolation des conduites du circuit des absorbeurs;
- utilisation de matériaux plastiques en torche;
- utilisation de conduites à sertir;
- utilisation d'un plus petit vase d'expansion et élimination du vase tampon.

Mis en service en mai 1994, le fonctionnement de l'installation a dû être interrompu de décembre 94 à mars 95 pour la réparation de l'étanchéité de la toiture. Néanmoins, une estimation faite au moyen des données disponibles permet d'envisager un taux de couverture de l'ordre de 30 %. La campagne de mesures sera prolongée jusqu'en mars 96 afin d'obtenir un cycle annuel complet. Sur la base des résultats obtenus, des règles de dimensionnement pour ce genre d'installation seront élaborées.

Une installation du type **plancher solaire direct** [13] a été réalisée au nouveau Centre d'entretien de la N5, à Boudry (NE) et mise en service en automne 1994. Elle est équipée de 102,5 m² d'absorbeur sélectifs non-couverts intégrés dans la façade sud-ouest du bâtiment atelier. Les absorbeurs, complétés par une isolation thermique arrière et un caisson, constituent les éléments de façade. En hiver, l'énergie solaire est directement injectée par l'intermédiaire d'un échangeur de chaleur dans la dalle du "plancher solaire direct". En été, l'énergie solaire contribue à la production d'eau chaude sanitaire. Une chaudière à bois de 230 kW sert d'appoint. La mise en service définitive du système de mesures a été retardée jusqu'au mois de mars 1995, suite à des défauts de 2 compteurs de chaleur. Puis des difficultés sont apparues au niveau de la gestion entre le plancher solaire et la production d'eau chaude sanitaire. Des résultats complets seront disponibles fin 1996 seulement.

Le **stockage de chaleur en nappe phréatique** [14] est le plus économique mais aussi le plus risqué si la nappe est instable. Par ailleurs, les boues de lavage de gravier constituent un rejet industriel difficilement recyclable. Ces boues ont néanmoins la propriété d'une très faible perméabilité, comme cela a été mis en évidence par le Laboratoire de Géologie de l'EPFL. Des essais faits dans le terrain ont permis de montrer qu'il est possible de construire, avec des machines de chantiers usuelles, une barrière hydraulique stable, permettant de confiner la nappe. Avant de passer à une éventuelle réalisation d'une installation pilote, une modélisation numérique a été entreprise, afin d'étudier différentes variantes de stockage. Les simulations ont montré l'importance de la conductance et de la convection naturelle dans les pertes thermiques, ainsi que la difficulté de maintenir un stock de chaleur exploitable [19].

LOGISTIQUE

Le **logiciel de dimensionnement de chauffe-eau solaires, POLYSUN** [2] (*voir page d'en-tête*), fait l'objet d'une mise à jour complète:

- Son interface est maintenant conforme à l'environnement Windows, le système opérationnel le plus répandu dans le monde des PC (*voir page de couverture*).
- La nouvelle base de données météorologiques METEONORM 95 y a été intégrée.
- Le modèle de simulation d'un bâtiment appelé HELIOS, développé à l'EMPA, a été incorporé afin de déterminer la charge de chauffe.
- En conséquence, il est possible de dimensionner une installation de production combinée d'eau chaude sanitaire et de chauffage domestique, configuration fréquente dans la pratique.

La version *beta* a été présentée avec succès aux futurs utilisateurs, la version finale étant prévue pour le printemps 1996.

2. Collaboration nationale et internationale

Le projet **Absorber 2000** s'effectue en collaboration avec le programme "Chimie solaire" et avec l'Institut de Physique de l'Université de Bâle et des partenaires industriels.

Au niveau international, la participation de la Suisse aux projets de l'Agence Internationale de l'Énergie dans le domaine de l'énergie solaire thermique reste très active:

- Le projet *Advanced Solar Energy Systems* a pris du retard et se terminera en 1996;
- Le projet *Advanced Glazing and Associated Materials for Solar and Building Applications*, démarré en 1994, poursuit ses activités et tiendra un atelier de travail organisé par la Suisse en 1996.
- un groupe de travail international s'est constitué pour l'étude de nouveaux matériaux pour capteurs solaires thermiques (*Materials for Solar Thermal Collectors*) et a commencé ses activités.

3. Transfert à la pratique

Le séminaire *CISBAT '95* organisé par l'EPFL, les 12/13 octobre, a été axé sur le Programme "Solaire thermique et Stockage de chaleur". 13 contributions sélectionnées ont été présentées.

Dans le cadre du programme d'action **PACER**, 3 cours de 2 jours ont été organisés en 1995 sur le thème "Les installations solaires actives - réalisation, mise en service et entretien". Un nouveau cours concernant "Les installations solaires spéciales" (objets: écoles, homes, piscines, casernes, etc.) a été lancé avec succès.

Dans le cadre du programme d'action **Énergie solaire thermique**, 7 projets "P+D" ont été sélectionnés, notamment une installation de froid solaire à l'aéroport de Genève-Cointrin.

Près de 50 prototypes du chauffe-eau solaire "*SOLKIT*" ont été installés dans le cadre de la campagne de promotion du programme "**Énergie 2000**". Chaque unité fait l'objet d'un suivi technique. Plusieurs défauts ont ainsi pu être corrigés. Un contrat de licence avec un industriel a été signé [2].

Le SPF-ITR entretient un service permanent de transfert des connaissances à l'intention des constructeurs et des utilisateurs. Des ateliers de travail sur des sujets choisis ont eu lieu et des voyages d'étude ont été organisés [2].

4. Perspectives 1996

En 1996, les derniers cours PACER "installations solaires" seront organisés, 1 en français et 6 en allemand.

Le programme "Solaire thermique et stockage de chaleur 1992-1995" est arrivé à terme. Un nouveau programme quadriennal 1996-1999 a été établi. Il s'inscrit dans les grandes options de la recherche énergétique telles que définies dans le "Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération".

5. Liste des projets

- [1] J. Remund, METEOTEST, Bern: METEONORM Neuauflage Etappe 4 (RA).
- [2] U. Frei, Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle ITR, Rapperswil: Leistungsfähigkeit und Lebensdauer von Solaranlagen. (RA) • Fachtechnische Informations- und Qualitätskontrollstelle für Sonnenenergieanlagen und -komponenten. (RA) • Absorber 2000. (RA) • Regelstrategie einer Saisonspeicheranlage. (RA) Erweiterung des Programms Polysun. (RA) • SOLKIT, 20 Versuchsanlagen. (RA)
- [3] Ch. Hilgenberg, ISB-Burgdorf: Mittlere Speichertemperatur. (RA)
- [4] P.W. Egolf, B. Frei, R. Furter, ZTL-Horw: Konvektion im Wasserraum von Latentwärmespeichern mit kugelförmigen Elementen. (RA)

- [5] Y. Allani, LENI / EPF -Lausanne & LES / ETH-Zurich: Mini-centrale électro-thermo-solaire CSIP II. (RA)
 - [6] O. Graf, ENERGIE SOLAIRE, Sierre, BSI, Lausanne: SAILLON 1 MW solaire. (RA)
 - [7] P. Berchtold, ARGE ATLANTIS ENERGIE / P. BERCHTOLD, Sarnen: Fabrikgebäude mit einem hohen solaren elektro-thermischen Deckungsgrad. (RA)
 - [8] K. Egger, INFOENERGIE, Tänikon: Sonnenkollektoren für die Heubelüftung : Erfolgskontrolle. (RF)
 - [9] BASLER & HOFMANN, Zurich: Ganzjährige Nutzung der Solarenergie in Bürogebäuden. (RF)
 - [10] A. Reist, RAC-Conthey: GEOSER, stockage souterrain de chaleur pour serres. (RA)
 - [11] J.-Ph. BOREL, Cully: Bilan et perspectives de la réfrigération solaire. (RF)
 - [12] L. KELLER/Ch. FREUDIGER, Lavigny; C. A. MACHEREL/P -H. HEIZMANN, Le Lignon: Capteurs sélectifs non-vitrés dans une installation de préchauffage de l'eau chaude sanitaire. (RA)
 - [13] M. Kernen, PLANAIR, La Sagne: PSD CEB Plancher solaire direct CE Boudry/NE. (RA)
 - [14] G. de los Cobos, A. Parriaux, GEOLEP / EPF -Lausanne; J. Wilhelm, ZSCHOKKE, Renens: Confinement d'une nappe perméable par boues de lavage de gravier. (RA)
- (RA) Rapport annuel 1995 disponible
(RF) Rapport final disponible