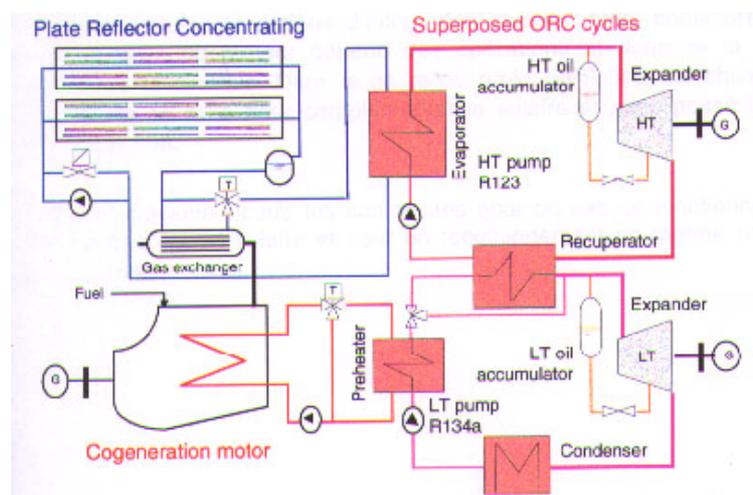
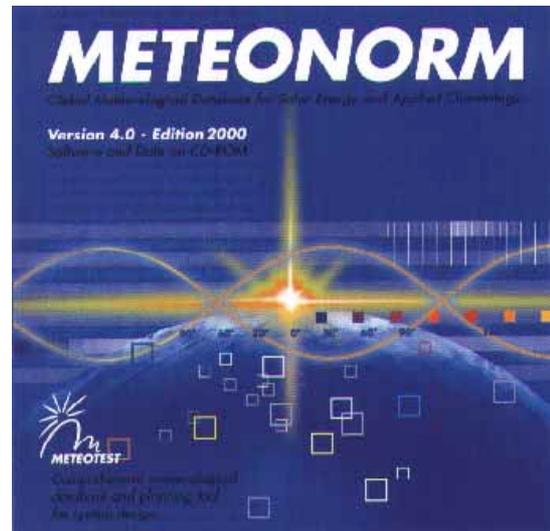


SOLAIRE ACTIF: CHALEUR

Rapport de synthèse
sur les activités 1999 du programme de recherche

Jean-Christophe Hadorn

jchadorn@swissonline.ch



Légende

En haut : POLYSUN 3.0 et METEONORM 4.0 deux outils logiciels internationalement appréciés

En bas : le capteur extra-plat à concentration CEP3 mis au point à Lausanne par Cogener pour la centrale SPS (Small Power Systems) développée par le LENI-EPFL et COGENER (Photos Cogener).

Centres de gravité du programme

La recherche solaire thermique suisse est une recherche appliquée. Le programme est orienté principalement vers le marché des installations thermiques pour le bâtiment. La demande en chaleur basse température représente en effet plus de 50% de la demande d'énergie en Suisse, et l'énergie solaire thermique est bien adaptée au niveau de température requis.

Le programme 1999 a été organisé autour des trois centres de gravité suivants:

1. Augmentation continue des connaissances sur le fonctionnement des composants et des systèmes solaires thermiques et partage de cette connaissance avec l'industrie solaire suisse Le Centre national d'héliotechnique SPF à Rapperswil dispose d'un grand savoir-faire sans cesse enrichi d'expériences grâce aux installations performantes de mesures de composants industriels,

2. Etude de **systèmes industriels standard combinés** chauffage et eau chaude pour villas, dans le cadre que nous avons défini en créant en fin 1998 la tâche 26 du programme « Solar Heating and Cooling » de l'Agence Internationale de l'Energie, en liaison avec l'industrie,
3. En matière de concentration solaire, réalisation et test d'un prototype de **mini-centrale solaire thermique "SPS" 10 kWe**.

Le programme repose sur trois pôles de compétences (Rapperswil, Yverdon, Lausanne). Nous voulons une continuité des équipes et une capitalisation du savoir-faire. Notre budget est cependant en diminution et nous devons veiller à maintenir les motivations des jeunes chercheurs qui ont tendance à se détourner de l'énergie solaire.

Buts visés pour 1999

a) *Logistique*

Le développement de METEONORM 4.0 et la sortie de la version 3.0 de POLYSUN (trilingue) étaient prévus.

Le deuxième CD-ROM "SPF Info" était souhaité en version multilingue.

L'infrastructure informatique et Internet du SPF devait être renforcée.

b) *Composants*

Les installations de mesures du SPF à Rapperswil ont été progressivement changées. Ceci devait se faire en continuité, sans rupture de service.

Les appareils de mesure du SPF devaient être utilisés au service de l'industrie solaire.

La production de la nouvelle couche sélective améliorée de l'absorbeur d'ÉNERGIE SOLAIRE, était attendue.

Un banc d'essai de stocks solaires devait être mis en service au SPF.

c) *Systèmes*

Le banc de mesures de chauffe-eau solaires du SPF devait être maintenu opérationnel.

Les tests de qualité des capteurs devaient être organisés à Rapperswil de manière routinière et convaincante pour les industriels qui les paient.

L'eivd d'Yverdon devait aboutir à un chauffe-eau solaire économique en collaboration avec un industriel romand.

Le groupe d'Yverdon devait surtout mettre en place et utiliser leur nouveau banc d'essai pour systèmes combinés, avec charge solaire et décharge de chauffage entièrement programmable. Les résultats d'analyse d'un système industriel mis au banc étaient attendus.

L'application des méthodes du contrôle optimal à un kit solaire devait aboutir à une modification d'une installation (appoint et régulation) et à un test réel.

L'utilisation à un haut niveau de compétences du logiciel TRNSYS par le SPF et l'EIVD pour la simulation d'installations complexes et l'intégration aux activités AIE étaient visées. Une excellente participation suisse aux trois sous-tâches de la Tâche 26 de l'AIE était demandée.

Le projet de SPS (*Solar Power System*) du Laboratoire d'Énergétique Industrielle, LENI/EPF-Lausanne, et COGENER, mini-centrale électrosolaire de 10 kWel devait avoir fonctionné durant l'été 1999 et produit les premiers kWh électro-solaires.

d) *Installations*

Le rapport final du projet solaire mesuré depuis 1997 par le CUEPE à Plan-les-Ouates était attendu.

Le rapport final des deux immeubles solaires à Sevelen avec les mesures sur CD ROM était souhaité.

Des publications et une présence de qualité à CISBAT'99 de l'ensemble des chercheurs du programme étaient exigées.

Travaux effectués et résultats obtenus

a) *Logistique*

En 1999, **METEONORM 4.0 Edition 2000** a été réalisé par METEOTEST. 2500 stations sont désormais disponibles couvrant l'ensemble du globe, les interfaces d'entrée de donnée et de sortie de résultats ont été révisés dans le but de faciliter l'usage du logiciel. Les valeurs extrêmes sur 10 ans de la température de l'air et de l'irradiance peuvent être estimées pour tout site. Nous continuons de maintenir et de développer un outil de premier plan pour toutes les analyses de dimensionnement d'installations autour du monde. 600 exemplaires devraient être vendus dans les 2 ans à venir [1].

Le logiciel **POLYSUN 3.0** a été achevé et distribué. Il comporte les nouveautés suivantes : quatre nouveaux types d'installations solaires peuvent être calculés (lance de stratification, échangeur solaire externe), une analyse économique d'une installation et également un bilan écologique peuvent être réalisés. Le logiciel a été profondément remanié en programmation objet pour pouvoir être maintenu et enrichi plus aisément. Des solutions avec pas de temps interne variable ont été implémentés réduisant encore le temps de calcul. La documentation a été entièrement révisée et traduite en 3 langues. Une gestion par logiciel ad hoc du multilinguisme a été mise en place. Polysun 3.0 est vendu 798.- par Infoenergie en Suisse et par des revendeurs en Europe. 50% des anciens clients ont choisis la mise à jour de la version 2.0 à la version 3.0 (prix 129.-). De nouveaux clients ont été acquis. Des cours ont été organisés en 1999 [2D].

Le deuxième CD ROM « SPF Info » intitulé « **Données et Tableaux 1999** » a été produit. Le CD est désormais trilingue. Il a été distribué à 1'700 exemplaires en Suisse et 5'000 en Europe. Un prix de 53.- Fr était demandé à bien plaisir. 10% ont accepté de payer. La distribution internationale en Europe a été assurée par des relais mis en place en Allemagne et en France. [2D].

Le **site Internet du SPF** (www.solarenergy.ch) a été très fréquenté (24'000 visites, 50'000 documents consultés) et a nécessité une maintenance constante. Une solution avec un serveur dédié au SPF est à l'étude pour garantir plus de stabilité. **Les sites des programmes de recherche « Solaire actif- chaleur » et « Stockage de chaleur »** ont été également initiés et sont hébergés sur le serveur du SPF [2D].

Le système d'acquisition de données du SPF qui soutient toutes les activités météorologiques du SPF, a été maintenu à un haut niveau de fiabilité avec toutes les données de mesure organisées en *datawarehouse*. La réalisation d'un **logiciel de pilotage** du nouveau banc d'essai des stocks solaires a été menée à bien : il est possible désormais de mesurer un stock selon une séquence de conditions aux limites programmable par logiciel et de comparer les résultats de mesure directement à ceux d'une simulation TRNSYS du stock, en temps réel. Un outil attendu depuis plusieurs années et

qui devrait permettre d'améliorer la vitesse et la profondeur de compréhension des phénomènes dans le stock, la vitesse de modification pour une amélioration et la qualité des modèles [2D].

Le logiciel **TubeCalc 2.0** pour l'évaluation des pertes de charge de tout circuit solaire et le dimensionnement de la pompe a été amélioré et est disponible sur le CD ROM « SPF Info », de même que le nouveau logiciel **CoverTool 1.0** qui fournit les résultats de plus de 12 ans de mesure de transmission de matériaux transparents exposés aux intempéries [2D].

b) *Composants*

Les travaux de recherche réalisés au **SPF-HS Rapperswil** ont été accomplis avec une grande rigueur professionnelle.

Les principaux résultats obtenus en 1999 au SPF sont les suivants [2]:

- la rénovation de l'installation de mesures du SPF s'est poursuivie durant 1999 (nouvelle centrale d'acquisition de données en 1998 et tous les logiciels à adapter),
- 45 capteurs ont été testés au banc du SPF en 1999. Dans l'ensemble les capteurs sont meilleurs que l'an passé,
- la mesure de l'effet de l'angle d'incidence du rayonnement sur les performances (« IAM ou Incident Angle Modifier ») a été faite de manière systématique et les résultats sont utilisés dans la recherche de nouvelles structures de verre solaire,
- la méthode « quasi-dynamique » de tests a été abondamment comparée à la méthode traditionnelle « statique ». Elle offre de nombreux avantages (plage de fonctionnement acceptable pour les tests plus large, prise en compte de comportement sous rayonnement diffus, effet de capacité du capteur inclus, tests praticables dans des délais plus courts, IAM obtenu simultanément à la courbe de performance du capteur, précision comparable), avec un dépouillement des mesures par régression multiple possible dans Excel. Elle nécessite toutefois un filtrage plus important qui devra être totalement automatisé à terme. Cette méthode sera préférée à l'avenir et implémentée pour toutes les mesures de capteurs en standard. Ceci va dans le sens de l'Europe,
- le dialogue avec certains fabricants a nécessité plus de temps que prévu, du fait de contestation des résultats de tests, explicable la plupart du temps par la déception des concepteurs face à une performance moins bonne qu'espérée. Une réponse de qualité en précision et délai aux demandes d'explication a été visée dans tous les cas délicats,
- les tests de qualité des capteurs ont absorbé ressources et attention. Un test dure 3 à 5 mois selon

la météo. Une quinzaine ont pu être réalisés en 1999. Ces tests sont vus comme contraignants par les fabricants, mais permettent d'éliminer rapidement du marché les capteurs qui ne sont pas manifestement pas durables,

- pour qu'ils soient encore plus utiles, les tests sont réalisés en grande concertation avec les fabricants permettant ainsi des améliorations des capteurs sur des détails pouvant être la source de catastrophe à l'exploitation (joint, ventilation, raccord). Le SPF était en 1999 le seul laboratoire à offrir de tels tests qui deviendront obligatoires en 2000 selon la norme européenne. L'expérience acquise sera importante pour gagner des parts de marché, la tendance étant à la diminution des centres de tests de composants solaires en Europe. Notre stratégie est de maintenir le SPF comme centre suisse et européen de premier plan. Une industrie solaire encore fragile, exportatrice et innovatrice comme celle de la Suisse doit avoir accès à un centre de compétences de premier plan,
- les ingénieurs du SPF s'efforcent de conseiller les fabricants pour améliorer leurs capteurs, soit par des dispositions constructives nouvelles, soit par le recours à de nouveaux matériaux. Ceci est possible par le maintien à un haut niveau du centre de recherches SPF, avec un large tissu de relations internationales à entretenir,
- la certification EN 450001 du SPF n'a pas pu avoir lieu en 1999 comme prévu du fait de la surcharge du service suisse d'accréditation,
- le CD ROM SPF Info « Faits & Tableaux » est désormais le moyen de transfert des informations globales du SPF vers le marché, puisque nous avons décidé de supprimer les encombrants classeurs de tests de capteurs en 1998. Petit à petit le site Internet prendra le pas sur le CD ROM mais le marché n'y est pas encore totalement prêt.

Dans le domaine clé des matériaux, les travaux et résultats du SPF ont été en 1999 les suivants [2C]:

- les travaux du groupe de travail IEA « MSTC - Materials in Solar Thermal Collectors » se sont achevés avec succès. Un livre est en cours de préparation,
- une nouvelle tâche a été décidée par l'IEA pour faire suite à ces travaux : la Tâche 27 « Performance of Solar Facade Components ». Elle est organisée en trois sous-tâches : performance, longévité, et développement durable. Le SPF dirige la sous-tâche longévité qui débutera en 2000,
- l'analyse de la stabilité de 6 fluides caloporteurs jusqu'à 220C a été menée en autoclave conçu spécialement en collaboration avec l'EMPA, avec des difficultés d'appareillage imprévues,
- un banc test nouveau a été monté en laboratoire et utilisé pour deux fabricants de verre solaire : la mesure de la transmission spectrale du rayonnement

direct des matériaux transparents. L'appareil est transportable. Il est utilisé avec des échantillons de 10 x 30 cm et permet une mesure automatisée,

- un modèle de simulation de transmission de rayonnement solaire au travers d'une couverture transparente a été acquis et comparé à des mesures de manière satisfaisante. Le logiciel sera une aide pour le design de verre solaire à basse réflexion de surface ,
- un nouvel appareil de test des couches sélectives sous vide et à haute température a été mis au point, pour les tests de vieillissement,
- un système de traitement anti-calcaire de l'eau par champ magnétique est testé en conjonction avec un stand de test de l'encrassement des échangeurs à plaque. L'installation a été élaborée avec deux partenaires industriels intéressés à résoudre ce problème qui se pose fréquemment dans la pratique,
- le transfert de technologie du brevet « Absorbteur 2000 » vers un industriel allemand est achevé : la production en continu est en fonction, une amélioration de la structure des couches apparaît cependant encore possible notamment pour augmenter l'absorption de la couche. Ceci dépend désormais de l'industriel.

Le projet **ABSORBEUR AS+** avait pour objectif l'amélioration des caractéristiques de la couche sélective produite par Energie Solaire SA pour des absorbeurs en inox à coussin, capables d'être utilisés dans des toitures solaires sans vitrage. Il s'agissait d'un financement conjoint, OFEN + industriel. La couche C3-97 développée durant 1996 allait au delà du cahier des charges avec des valeurs α de 0.959 et ϵ de 0.048. La poursuite de l'étude, avec pour but la simplification de la fabrication, a permis de mettre au point la couche C4-97 qui avec des valeurs α et ϵ pratiquement identiques et les mêmes résultats aux tests de vieillissement a été qualifiée pour le passage à la production industrielle.

Les résultats sur la ligne de production modifiée dans le cadre du projet de recherche permettent de garantir, $\alpha \geq 0.95$ et $\epsilon \leq 0.07$. Depuis septembre 1998, les absorbeurs et capteurs sans vitrage peuvent être produits avec la nouvelle couche C4-97, sans augmentation de prix (contrainte demandée). Testé au SPF, le capteur sans vitrage a vu une augmentation importante de ses performances de 12.7 % à $x=0.03$ (le rendement passe de 0.55 à 0.62) et de 29 % à $x=0.05$ (le rendement passe de 0.31 à 0.40). En ce qui concerne les capteurs vitrés, l'augmentation du rendement est de 0.03 à 0.065 à $x=0.10$, selon les modèles des fabricants qui incorporent l'absorbteur. Cependant des tests complémentaires réalisés à l'EMPA, avec des critères plus contraignants que la norme ISO/CD 12592.2 initialement adoptée, ont démontré une sensibilité non acceptable au SO₂. En conséquence, la couche C4-97 n'est aujourd'hui commercialisée que pour l'application « absorbteur dans un capteur vitré ». En laboratoire, une couche résistant au SO₂ a été mise au point. Cependant, vu son coût élevé et

l'importance des investissements qu'implique la modification de l'installation de galvanoplastie et que l'industriel devrait supporter seul, sa mise en production a été reportée. Le but de cette recherche cofinancée par l'OFEN, un meilleur absorbeur pour les toitures solaires, a donc été atteint partiellement seulement, mais la porte est ouverte et le fabricant devrait à l'avenir mettre sur le marché une couche améliorée mais sensiblement plus chère, adaptée aux toitures solaires qui se développent en Europe, sous l'impulsion initiale de la recherche et des projets P+D suisses (cf. l'installation de Plan-les-Ouates dans ce rapport) [3].

Le SPF avait débuté en 1998 la **réalisation d'un banc d'essai des stocks solaires** de 1 à 25 m³. Le résultat obtenu en 1999 a été le suivant :

1. le banc a été conçu et est opérationnel de manière entièrement automatique. La charge solaire (0 à 18 m²) et la décharge pour chauffage (bâtiment simulé) ou eau chaude sanitaire (profil de soutirage et température réglables) sont totalement contrôlables. Pour les systèmes combinés, l'appoint par une chaudière au gaz peut également être testé,
2. parallèlement, un travail théorique en commun avec le Danemark a été mené pour définir les paramètres de description d'un stock solaire stratifié et les séquences de tests nécessaires. Il s'agit d'une recherche originale.

c) *Systèmes*

En 1998, nous avons initié la Tâche 26 « Solar combi-systems » du Programme Solar Heating and Cooling de l'AIE. La Tâche a démarré fin 1998 et l'année 1999 a été la première complète. La Tâche 26 a pour objet d'aider les industriels à mettre sur le marché des systèmes combinés (eau chaude + chauffage) pour villas, standardisés et optimisés. But principal : réduction du coût du solaire et augmentation de la fiabilité des installations.

La sous-tâche A devait analyser l'ensemble des systèmes combinés disponibles dans les sept pays participants à la tâche 26, les classer pour permettre une comparaison et préparer une brochure de présentation comparative des systèmes actuels. Le travail est dirigé par le Bureau N+1 de Berne. Le but assigné pour 1999 à la sous-tâche A a parfaitement été rempli. 21 systèmes génériques ont été identifiés, classifiés et décrits. Le document de synthèse sera disponible en janvier 2000. Il propose un descriptif très complet des principaux systèmes combinés du marché, à l'usage des installateurs, des acheteurs, des ingénieurs et aussi des fabricants. Il est à notre connaissance le meilleur document de présentation de l'offre sur le marché [9].

Chaque système présenté dans le document "Solar combi-systems in Austria, Denmark, Finland, France, Germany, Sweden, Switzerland, the Netherlands and the USA — Overview 1999" devrait être simulé en 2000 par TRNSYS dans des situations de référence communes et les performances relatives des systèmes seront comparées selon une liste de critères préparés en 1999.

À l'**EIVD-Yverdon**, les travaux ont été organisés autour de la participation suisse dans la Tâche IEA 26. L'eivd étudie une installation solaire combinée de conception récente (système Arpège d'Agona). Un banc d'essai pour systèmes combinés a été monté avec pilotage par LabView. Une installation Arpège complète a été mesurée au laboratoire dans des conditions totalement maîtrisées. Des améliorations ont été suggérées. L'étude du maintien de la stratification dans la cuve et de la régulation sont au centre du travail. But : augmenter la part solaire ! Un modèle TRNSYS a été développé montrant que la part d'un système à 12 m² peut être entre 19 et 32% des besoins annuels. Un potentiel de gain par optimisation, but de la Tâche 26 est d'environ 5 points [4].

La mise au point d'un **kit pour eau chaude solaire à prix raisonnable**, avec cuve plastique munie d'une pipe de stratification et fonctionnant sans glycol, a été achevée en partenariat avec l'industriel qui devrait soumettre le kit au test du SPF en vue d'une commercialisation [4].

Le projet de **supervision automatique des installations**, une collaboration entre l'Institut d'Automatique de l'EPFL, l'EIVD-Yverdon et un industriel solaire, comporte des thèmes de recherche très novateurs et de haut niveau (appoint à volume variable, utilisation de prévisions météo disponibles via Internet, prévision de la demande par filtre de Kalman,...). La mise en place de la nouvelle commande implantée sur un PC sur un kit solaire modifié a été réalisée en 1999. Les mesures n'ont pu être faites faute de temps [5].

Au SPF, les mesures de systèmes complets ont été poursuivies :

1. 5 systèmes **kits** pour eau chaude sanitaire ont été testés selon la procédure standard du SPF qui avait prévalu pour le concours des chauffe-eau solaires en 1997. Deux ont réussi le test et les résultats ont été publiés (www.solarenergy.ch). L'introduction sur le marché des kits est donc terminée [2],
2. la reprise du savoir-faire investi durant plus de 5 ans dans les SOLKIT a été organisé, suite à la faillite du fabricant, faillite principalement liée à ses activités de façades traditionnelles.
3. la définition de procédures de tests des systèmes combinés pour la Tâche IEA 26 a été accomplie avec une participation remarquable du SPF dans la sous-tâche B. Les tests auront lieu en 2000.

Les travaux de construction prévus en 1999 pour la **mini-centrale solaire pilote électro-thermo-solaire de 10 kW_el SPS (Solar Power System)** ont été achevés pour le 30 juin 1999. Le capteur à concentration a été mis en service en juillet 1999 et mesuré durant l'été : les résultats ont été mitigés. La tâche focale est trop dispersée suite à un problème de matériau support des miroirs et le circuit capteur est trop inerte (montée en température en 2 heures). L'unité pilote de deux turbines étagées *Scroll* de 12 kW_e a été testée au début de 1999 en laboratoire à satisfaction et des améliorations ont été encore apportées (lubrification de chaque turbine) puis trans-

portée sur le site du capteur pour un couplage durant l'été. Les deux cycles de Rankine superposés fonctionnent selon la prévision. Une unité de cogénération de 15 kWe (Totem) a été adjointe de manière à pouvoir sortir de la centrale une puissance électrique constante même hors période de soleil. Ceci est conceptuellement nécessaire pour permettre à de telles unités d'entrer dans les dispositifs de dispatching des électriciens. En pointe, SPS devrait avoir une efficacité solaire de 12% et une efficacité globale de 22% (Pélec. / (Psolaire + fuel)) pour un niveau maximum de température de 160C. Ces valeurs ont pu être vérifiées au banc.

Le couplage avec le capteur solaire n'a pu avoir lieu : le TOTEM n'a pas pu être fonctionnel et la ligne de capteur ne délivrait pas une puissance suffisante. Un rendement de pointe du capteur a tout de même été mesuré à 45%. Une deuxième ligne de capteurs modifiés devrait être réalisée en 2000 si le budget le permet. Une poursuite est malgré tout envisagée compte tenu du potentiel du projet. Le budget de cet ambitieux projet est malheureusement trop restreint pour nous permettre d'avancer rapidement [8].

Dans l'étude **SOLCAD**, le CREM de Martigny s'est interrogé sur le meilleur modèle de pénétration des installations solaires le long d'un réseau de chauffage à distance existant. Les clients du CAD ont été sondés. Le contracting vert aurait un certain écho s'il était proposé par le distributeur de chaleur, même pour un prix du kWh solaire « un peu plus élevé ». La balle est dans le camp du distributeur [10].

d) Installations

La cité solaire de **Plan-les-Ouates** comporte une toiture solaire intégrée de 1'400 m² d'absorbeurs sélectifs couplés à 100 m³ de stock. Le suivi de la toiture solaire est effectué par le CUEPE depuis juin 1997. Après deux années de mesure, le bilan final est le suivant :

- l'indice énergétique de l'ensemble est bon (261 MJ/ m² an PCI), même s'il ne correspond pas au design (160 prévus). Les causes sont connues (difficulté de demander 20C aux locataires, récupération insuffisante sur la ventilation, problème de ré-

gulation trop sophistiquée, stockage solaire pas assez stratifiable),

- la toiture solaire a fourni 40 MJ/ m² chauffé en saison 2 contre 50 en saison 1 (120 kWh/m² de toiture/an) du fait d'un problème de régulation et de l'hiver couvert ; en hiver une distribution en direct dans un chauffage de sol ou la dalle, sans stock intermédiaire, serait préférable pour une toiture solaire non vitré,
- en été la toiture est surdimensionnée (118 C en stagnation est atteint). Le branchement d'un nouveau bâtiment permettra de vendre des excédents. Le problème de l'absence de bonnes solutions pour le stockage saisonnier est une nouvelle fois mis en évidence,
- la cuve de stockage avec cuve sanitaire interne n'est pas adaptée aux capteurs non vitrés, car elle nécessite une sur-température pour l'eau sanitaire que la toiture peine à fournir en mi-saison [6].

Le rapport final est attendu pour 2000. Il sera une source précieuse d'information pour les concepteurs de future toiture solaire qui dans l'ensemble s'est bien comportée. Le système complet revêt cependant une importance décisive et il est recommandé de faire un modèle d'installation et des simulations avant de construire de grands ensembles complexes.

Le rapport final des mesures de deux immeubles solaires de **Sevelen** est disponible. Les mesures ont été fournies sur un CD ROM de telle sorte que les installations puissent être modélisées éventuellement dans le cadre de la Tâche 26 de l'AIE. Sevelen 1 avec 112 m² et un stock de 227 l/m² a eu un taux de couverture solaire des besoins annuels chauffage+eau chaude de 59 %, et Sevelen 2 avec 110 m² et 352 l/m² de 63 % . Les deux maisons ont des surfaces au sol de 1'000 m². Les surcoûts d'installation solaire ont été de 74'000 CHF environ et la production des capteurs de 276 kWh/ m² an et 345 kWh/m² an [7].

Coordination et collaboration nationale

Parmi les principales collaborations nationales de 1999, il faut relever:

- le SPF, comme chaque année et ceci demande un fort investissement de la part de la direction et de tous les collaborateurs du SPF, avec les fabricants de capteurs solaires, et avec l'EMPA,
- l'École d'Ingénieurs d'Yverdon, avec l'Institut d'Automatique de l'EPF-Lausanne, et l'industriel AGENA,
- le bureau N+1 avec divers industriels solaires suisses, et notamment SOLTOP AG,
- le CREM avec le CAD de Martigny.

Comme chaque l'année, le SPF a organisé de nombreuses visites de ses installations de Rapperswil.

Par ailleurs, nous avons suivi le projet Neurobat II, financé par un autre programme OFEN, afin d'évaluer la possibilité d'utiliser les méthodes neuronales dans les installations solaires actives.

Nous devons réduire nos ambitions cependant faute de moyens financiers.

La conférence CISBAT'99 a réuni en septembre 1999 à l'EPF Lausanne plus de 100 participants. Les participants au programme ont fait 5 communications de qualité et 3 démonstrations de logiciels.

Coordination et collaboration internationale

En ce qui concerne le programme *Solar Heating and Cooling* de l'Agence Internationale de l'Énergie, deux axes de recherche sont actifs dans notre programme:

- le SPF dans la future Tâche 27 « Solar Facades ». En 1999, les bases d'un livre sur les matériaux en pratique solaire ont été jetées par le groupe de travail qui a préparé la Tâche 27.
- le SPF et l'EIVD dans la Tâche 26 débuté en fin 1998. Le bureau N+1 de Berne dirige la sous-tâche A de cette tâche et nos groupes de recherches sont fortement impliqués dans le travail commun. L'objectif est de concentrer des moyens de recherche pour améliorer les systèmes combinés pour villas. La collaboration entre les sept pays participants a été profitable en 1999. La Tâche est aussi liée à l'industrie solaire européenne et a organisé deux séminaires d'un jour l'un au Danemark sur la stratification et l'autre en Allemagne les nouvelles pom-

pes « low flow ». Nous essayons de motiver l'industrie suisse de participer à ce genre de séminaire et à la Tâche 26 en général. L'entreprise SOLTOP AG a compris le bénéfice qu'elle pouvait en retirer. En Allemagne deux fabricants solaires (SOLVIS, Consolar) y participent. En Autriche, trois industriels ont compris leur avantage. En Suisse, trois industriels ont déclaré leur intérêt.

En 1999, le travail commun sur les méthodes de tests des stocks stratifiés entre le Danemark, les Pays-Bas et la Suisse s'est poursuivi sur une base allégée, les partenaires ayant été hésitants quant à leur possibilité de financement. Un rapport a été toutefois réalisé.

Les travaux du groupe international sur la concentration solaire « Solar Paces » sont en outre suivis pour mieux orienter notre projet SPS.

Transferts à la pratique, Projets P+D

La recherche en solaire thermique est une recherche appliquée. Plus de 80 % du budget est alloué à des projets qui visent à répondre à des besoins à court terme du marché: qualité, fiabilité des composants, performances des installations, standardisations.

En ce qui concerne le programme P+D, dirigé par le bureau PLANAIR, le nombre de demandes de soutien au titre de projets pilotes ont augmenté en 1999 (+70%) après une année 1998 faible. D'intéressantes réalisations en milieu locatif, social et hôtelier ont pu être soutenues, dont la moitié selon le principe du contracting.

En 1999, huit fiches « bons exemples » ont été mises à dispositions sur Internet pour diffuser les connaissances acquises sur les pilotes (http://www.infoenergie.ch/P_D/FP_Df.htm).

En 2000, l'effort de promotion des bonnes solutions pilotes sera poursuivi.

Selon les statistiques de la SOFAS 1998, le marché du solaire thermique progresse (31'775 m² de capteurs vitrés vendus en Suisse en 1998, contre 25'386 en 1997. 20'951 m² de non-vitrés en 1998, contre 15'486 en 1997).

Évaluation 1999

Le programme 1999 est dans l'ensemble conforme à l'attente, notamment avec une organisation en trois pôles de compétence et autour du projet IEA 26 comme axe structurant commun à deux groupes de recherche.

La mise en production de la nouvelle couche sélective AS+ pour les toitures solaires n'a pu être faite (résistance insuffisante aux acides). Succès partiel, cette nouvelle couche équipe les capteurs vitrés munis de l'absorbeur en coussin.

Dans le projet SPS, nous attendions cependant un couplage du solaire avec les turbines et une production d'électricité. Cette attente n'a pas été satisfaite : le projet est vraiment ambitieux et le développement du capteur a été plus laborieux que prévu.

Mais la source première des difficultés est le manque de moyens pour réaliser tous nos objectifs. Le budget 1999 a été diminué de 13% par rapport à 1998 et nous nous demandons comment faire une recherche diversifiée avec les moyens à disposition.

Dans l'ensemble, le transfert à la pratique des résultats de la recherche thermique basse température est très satisfaisant, nos projets faisant appel à la participation d'industriels du solaire.

Le nombre d'installations innovantes mesurées a été fortement réduit depuis 1996 et nous devons nous concentrer sur des études de laboratoire. Ceci est un effet de la limitation des moyens financiers mais aussi de notre volonté de recherche de standardisation des installations.

Perspectives 2000

En 2000, nous devons revoir à la baisse nos objectifs faute de moyens financiers suffisants. Le projet SPS devrait malheureusement en souffrir, à moins qu'une solution de financement complémentaire par une autre source ne soit trouvée. Nous espérons cependant pouvoir observer en 2000 un kWh électrique produit par la centrale SPS à un coût potentiellement bien inférieur à celui du photovoltaïque.

Nous continuerons à concentrer nos moyens limités sur

les deux centres de compétences que sont le SPF-Rapperswil et l'EIVD-Yverdon, avec des tests de composants, des tests de systèmes et la simulation en complément.

Nous garderons l'axe de recherche sur le contrôle optimal dans les installations solaires thermiques : il est porteur d'innovation au niveau mondial.

Liste des projets de recherche

- [1] S. Kunz, J. Remund, METEOTEST, Bern: *METEONORM Version 4.0 Edition 2000*, (RF, Dez. 1999) et CD-ROM
<http://www.meteotest.ch/meteotest/meteonorm>
<http://wire.ises.org/entry.nsf/E?Open&resoft&E71E3DB50DCD5A46C125681E003E0F08>
- [2] U. Frei et al., SPF/HS-Rapperswil: *SPF Forschung 1997 – 2001 ♦ Teil A: Komponenten in solarthermischen Systemen* (RA) ♦ *Teil B: Thermische Solarsysteme* (RA) ♦ *Teil C: Materialien in thermischen Systemen* (RA) ♦ *Teil D: Informatik und Software* (RA) <http://www.solarenergy.ch>
<http://wire1.ises.org/wire/Publications/resoft.nsf/HTML/moreinfo>
<http://www.infoenergie.ch/Bestell/Default.htm>
- [3] J.-P. Rossy, ÉNERGIE SOLAIRE, Sierre: *Absorber AS+ (C4-97)* (RF à paraître)
- [4] P. Dind, J. Bony, O. Renoult, EIVD, Yverdon: *Installations solaires combinées pour villas* (RF décembre 1999)
- [5] D. Gillet, T. Prud'homme, IA/EPF-Lausanne: *Supervision automatique de kits solaires de production d'eau chaude sanitaire* (RA, RF décembre 1999)
<http://www.epfl.ia.ch>
- [6] B. Lachal, CUEPE, Genève: *Toiture solaire de Plan-les-Quates: mesures, bilan technico-économique et étude de son intégration architecturale* (RA, RF à paraître en 2000)
- [7] L. Clavadetscher, TNC, Männedorf: *Messungen an zwei Solarhäusern in Sevelen* (RF Juni 1999)
- [8] M. Kane, F. Brand, D. Favrat, LENI/EPF-Lausanne, Y. Allani, COGENER, Lausanne: *SPS: mini-centrale pilote électro-thermo-solaire de 10 kWel* (RF décembre 1999) ♦ *Capteur CEP 3* (RF décembre 1999)
- [9] J.-M. Suter, Büro n+1, Berne: *IEA SH&C Task 26 Solarcombisystems – Leading of Subtask A* (RA)
- [10] C. Matas, K. Sinimalé, CREM, Martigny: *SOLCAD Modèle de pénétration de l'énergie solaire sur un réseau CAD. Test sur le cas de la commune de Martigny* (RF novembre 1999)
(RA) Rapport annuel disponible (RF) Rapport final disponible

Liste des projets P+D

- [11] PLANAIR, La Sagne: **Programme Solaire actif, Rapport annuel 1999**, OFEN
Extrait de la liste de nouveaux projets en 1999 :

| | |
|---|--------|
| DISV 72540 Solar contracting Altersheim Aumatt, 4153 Reinach | 40 m2 |
| DISV 71040 Solare Vorwaermung für einen Industriebetrieb, 8105 Regensdorf | 162 m2 |
| DISV 72640 Hotel Edelweiss Engelberg AG, 6390 Engelberg | 25 m2 |
| DISV 72641 Contracting Solaire Immeuble Primeroche, 1008 Prilly | 39 m2 |
| DISV 72642 Contracting Solaire Immeuble Béthanie, 1000 Lausanne | 100 m2 |
| DISV 72906 Toiture Solaire pour piscine, 3775 La Lenk | 492 m2 |

Pour accéder aux fiches de bons exemples : http://www.infoenergie.ch/P_D/F_Pberif.htm