

STOCKAGE DE CHALEUR

Rapport de synthèse
sur les activités 2000 du programme de recherche

Jean-Christophe Hadorn

jchadorn@swissonline.ch



Stockage à haute densité

Modèle réduit de cuve pour l'étude du comportement de matériaux de stockage de chaleur à forte densité thermique en laboratoire (Photo SPF, Rapperswil)

Centres de gravité du programme

Le programme « Stockage de chaleur » s'est concentré sur les axes principaux suivants en 2000 :

1. Début de recherche de **solutions de stockage de chaleur à haute densité** dans le but de diminuer le volume de stockage nécessaire pour atteindre des parts solaires élevées dans les installations adaptées aux villas individuelles, segment de marché actuellement le plus porteur.
2. Recherche de **solutions optimales pour le stockage diffusif de chaleur par sondes** en recourant à la simulation des installations qui ont été mesurées durant les années précédentes.
3. Analyse de la possibilité de recourir à la **dalle d'un bâtiment pour seul stockage de chaleur solaire**, dans le but de réaliser des installations solaires à investissement réduit. La source de chaleur peut être soit des capteurs vitrés, soit des absorbeurs non-vitrés.

Buts visés pour 2000

a) Stockage en cuve à eau et en bâtiment

Le banc d'essai des cuves solaires devait être opérationnel au SPF à Rapperswil

Les limites du concept de capteurs solaires couplés à une dalle active (type plancher solaire direct, sans cuve de stockage) quant aux apports solaires possibles devaient être trouvées.

b) Stockage diffusif

Entre 1996 et 1999, un projet mené par le ZHW Winterthur nous avait montré comment construire une installation solaire avec stockage saisonnier diffusif optimal. La recherche de maîtres d'ouvrage désireux de construire un système pilote d'envergure devait débuter pour une période de 2 ans.

Le rapport final de quatre années de mesures du Collège de Pesex équipé d'un stock diffusif de 23'000 m³ était attendu.

Le démarrage du complexe de bâtiment de la SUVA à Root près de Lucerne avec un stock saisonnier de chaleur était attendu.

La mesure d'une installation de puits canadien à Satigny près de Genève devait débuter pour un an.

c) Stockage en aquifère

La thèse de M. Dupasquier sur les conditions d'exploitation et géologiques propices au stockage de chaleur à 30-100 °C devait être soutenue et publiée.

d) Stockage en nouveau matériau

La caractérisation de nouveaux matériaux pour le stockage court terme de l'énergie solaire thermique, comme la zéolithe, devait débuter en laboratoire au SPF, pour améliorer nos connaissances sur ce matériau, et le *design* de deux montages de laboratoire devait être fait.

Travaux effectués et résultats obtenus

a) Stockage en cuve et dans le bâtiment

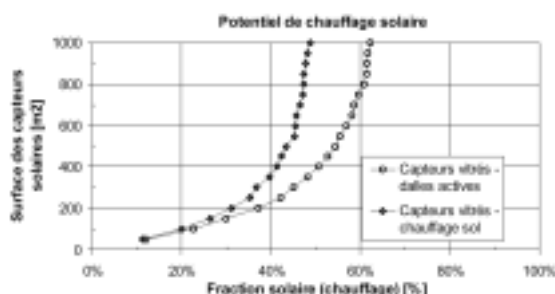
Le banc d'essai des stocks stratifiés de 1 à 25 m³ pour les installations solaires domestiques a été intégré dans un banc pour les systèmes combinés, et sera opérationnel en 2001 (cf. le rapport sur le programme « Solaire actif: chaleur »).

L'étude de la possibilité de stocker la chaleur solaire dans la dalle d'un bâtiment locatif de 2 fois 20 logements à Renens a été accomplie par le LASEN de l'EPFL et le LEE du SUPSI au Tessin. Le concept du système repose sur le principe de la dalle active, développé par C. Cornu chez GEILINGER SA en 1995. Un modèle complet a été développé en TRNSYS dans un précédent projet qui concernait une

villa, et a été amélioré pour cette étude. Les conclusions principales sont les suivantes [9, voir aussi 8 qui est un projet connexe]:

- L'immeuble au standard Minergie a une demande en chauffage de 30 kWh / m² · an, et la puissance de chauffage nécessaire est de 20 W / m² de dalles, qui couvrent 75% de la surface de référence énergétique.
- Le potentiel de chauffage solaire actif est plus grand avec un chauffage par dalles actives qu'avec un chauffage par le sol lorsque les capteurs sont couplés directement à la distribution, sans stock intermédiaire. La fraction solaire de chauffage peut atteindre 50%.

- Il est recommandé de n'utiliser qu'un seul champ de capteurs solaires pour l'eau chaude sanitaire et le chauffage, et non pas, par exemple, des capteurs solaires vitrés pour l'eau chaude et des non vitrés pour le chauffage.
- Les capteurs plans vitrés doivent être préférés si l'on veut atteindre une fraction solaire dépassant 30% de l'ensemble des besoins.
- Pour une fraction solaire globale inférieure à 25%, il est préférable de se contenter de satisfaire les besoins en eau chaude sanitaire, avec pour règle 1 m² de capteur vitré par occupant et un stock de 20 l / m² de capteur.
- On peut atteindre 40% solaire (globalement pour l'eau chaude et le chauffage) avec 7 m² de capteurs par 100 m² de surface de référence énergétique (SRE), pour environ 50 CHF par m² de SRE.



Stockage en dalle active ou chauffage de sol dans un groupe de 10 immeubles ? Le chauffage de sol limite la part solaire à 45% par manque de capacité de stockage court terme (il n'y a pas de cuve à eau dans le système).

- Un stockage diffusif central n'est envisageable que si la demande en chaleur atteint 1'500 MWh / an, soit 10 immeubles et non 2, pour une fraction solaire de 50 à 80% sans surcoût trop élevé : 80% solaire sont atteints avec un investissement de 100 CHF par m² de SRE. Le stock doit avoir un volume de 10 m³ par m² de capteur solaire dans les conditions géologiques classiques de la Suisse, mais sans écoulement d'eau souterraine. L'espacement optimal des sondes doit être de 2 m dans le cas de la distribution par dalle active, alors que si l'on travaille avec un stock tampon, sous forme de cuve à eau et une distribution par chauffage de sol, l'espacement optimal est de 2.4 m.

Les bâtiments ont été construits en 1999-2000 avec des dalles actives, mais le maître d'ouvrage a opté pour une solution sans solaire pour limiter son prix de location à 190 CHF par m² de plancher.

Les conclusions de cette étude devraient faire l'objet d'une publication internationale.

Ces conclusions sont relayées par une étude du même auteur principal (D. Pahud) concernant une villa solaire au Tessin où nous suggérons au propriétaire

une solution avec dalle active. Les conclusions sont les suivantes :

- La surface de dalle active est de 160 m² pour une surface de référence énergétique de 240 m², ce qui induit une puissance de chauffage de 30 W / m² de dalle pour cette maison au standard Minergie.
- Avec 15 m² de capteurs vitrés, l'économie d'énergie d'appoint au Tessin est de 60% pour l'eau chaude et 40% pour le chauffage, ce qui permet à la villa d'atteindre le standard Minergie de 45 kWh / m² · an !
- Augmenter la surface de capteurs solaires est préférable à augmenter la surface de fenêtres au sud ! Règle : 5 m² de capteurs font mieux que 25 m² de fenêtres.
- La surface des dalles actives n'est pas à dimensionner en fonction des apports solaires, mais bien des besoins en chauffage.
- Un m² de capteurs vitrés équivaut à 2 m² d'absorbeurs non-vitrés dans la gamme 10 à 20 m², dans un climat sans vent. Les absorbeurs peuvent cependant être intégrés en toiture et ne posent pas de problème de surchauffe en été.

L'autonomie solaire même au Tessin ne peut être atteinte sans un stock complémentaire, qui pourrait, par exemple, être quelques m³ de matériau à haute densité de stockage !

L'installation solaire RENOVA de Chambésy, décrite dans notre rapport 1999, a livré tous les enseignements possibles grâce aux mesures du CUEPE (Université de Genève). Le gaz n'a pas été utilisé durant les deux années de suivi. Seul un stère de bois a été utilisé en appoint ! L'installation est un exemple phare de ce que l'on peut faire d'une rénovation avec gains passifs et solaire actif poussé. Le propriétaire a fait œuvre de pionnier pour la connaissance scientifique et, à ce titre, doit être salué [2].

b) Stockage diffusif

À l'École d'Ingénieurs de Winterthur (ZHW), le projet de recherche sur les conditions optimales du **stockage souterrain diffusif** pour des bâtiments de 100 logements dans la région de Zürich s'est terminé en 1999. Pour convaincre des maîtres d'ouvrage et des architectes, la suite du projet consiste à définir une méthode de financement des investissements dans le solaire et le stockage (environ 2 MCHF), à aller exposer le concept et à faire connaître sa faisabilité qui a été démontrée en Allemagne. Ce projet « d'acquisition » a débuté en 2000 après un retard administratif. Les travaux ont débuté par la définition de personnes et organismes cibles, l'étude des conditions de réussite du projet Neckarsulm en Allemagne similaire au système que nous visons pour la Suisse, et l'identification des lieux géologiquement favorables. Des

travaux de diplôme ont également permis de préciser encore des composants techniques comme le stock tampon en plastique. Une documentation pour le maître d'ouvrage est en préparation pour les démarches de 2001 [3].

Le projet **SERSO** consiste à dégivrer en hiver la chaussée d'un pont d'autoroute à Därlingen grâce à la chaleur accumulée dans un stock diffusif de 30'000 m³, chargé en été par un collecteur de 200 m³ situé dans la chaussée. Le rapport final a été publié en 1999. Nous utilisons désormais les mesures pour caler un modèle de simulation afin d'effectuer des analyses de sensibilité dans le but d'optimiser de telles installations en réduisant les coûts et de fournir des règles de dimensionnement. L'étude a pris du retard suite au départ du chercheur principal pour le Tessin [6].

De même, l'exploitation des deux années de mesures de Wollerau (stock diffusif de 32 sondes de 125 m de profondeur pour un bâtiment industriel) par simulation a subi le même retard. Les mesures ont été rassemblées et analysées mais le modèle n'a pu être élaboré faute de temps [5].

Pour ces deux projets de recherche une prolongation motivée a été acceptée par l'OFEN.

c) Stockage en aquifère

La thèse de M. Dupasquier sur la **faisabilité générale du stockage de chaleur en aquifère** du Laboratoire de Géologie de l'EPF-LAUSANNE a été soutenue et acceptée par le jury international (Parriaux, Favrat, Iris, Sanner, Willemsen, Perrochet, Hadorn). Le document ne sera publiquement disponible qu'en 2001. De nouvelles hypothèses ont été avancées pour expliquer les phénomènes de ruine

des stocks en aquifère de volume inférieur à 20'000 m³. L'auteur montre également la séparation des domaines où règnent les pertes conductives et celui où débutent les pertes convectives. Les conclusions sont défavorables au stockage en aquifère à plus de 30 °C à petite échelle, et nous avons abandonné le soutien à cette voie [4].

d) Nouveaux matériaux de stockage thermique

Nous avons entrepris au SPF de Rapperswil, centre de recherche solaire suisse, d'essayer de réaliser un stock solaire à haute densité (3 à 4 fois celle de l'eau) pour réduire les volumes de stockage saisonnier et absorber les surchauffes estivales des capteurs de qualité allant s'améliorant. La **zéolithe** est un matériau candidat. Il s'agit d'un silicate d'alumine à grande surface spécifique, qui absorbe de la chaleur lors de désorption de vapeur d'eau à 120 °C environ. La décharge a lieu par réabsorption de la vapeur d'eau. Le **silicagel** pourrait aussi être considéré.

Le SPF a commencé par caractériser le matériau dans un rapport final, après une phase de recherche de références bibliographiques et de rencontre de chercheurs en Bavière, puis a construit deux bancs d'essai de taille réduite en laboratoire. Le but est de pouvoir choisir entre un système ouvert et un système fermé, avant de passer à une taille plus grande. Dans le système ouvert, c'est l'air qui est le caloporteur et est chauffé jusqu'à 20 °C et la vapeur d'eau le matériau de stockage.

Les premiers résultats concernent l'absorption d'humidité ambiante du matériau et les solutions techniques apportées pour la construction de l'appareillage. Les mesures à haute température débuteront en février 2001 [1].

Coordination et collaboration nationale

La coordination avec les programmes "Géothermie" et "Chaleur de l'environnement" est régulière.

La collaboration entre instituts de recherche est encouragée, notamment entre le ZHW et le SPF pour la définition des meilleurs schémas hydrauliques pour les installations solaires avec stockage saisonnier de chaleur par multi-sondes. Une collaboration avec le

LEEE (D. Pahud) est également favorisée dans ce projet, de telle sorte que nous ayons nos trois pôles de compétence travaillant en complément : systèmes par le ZHW, circuit solaire et choix des matériaux par le SPF, et simulation et dimensionnement par le LEEE.

Coordination et collaboration internationale

Durant l'année 2000 a eu lieu à Stuttgart la conférence triennale *Terrastock 2000*. Ce fut la principale occasion de coordination internationale et de mise en place de collaboration.

Un résumé des discussions et des papiers présentés à *Terrastock 2000* peut être trouvé dans notre rapport annuel complet ou sur internet en 2001 (www.solar.ch). La recherche suisse en matière de stockage n'est pas à la pointe, faute de moyens. Le Japon a fait une impression de volonté d'aboutir à de

nouvelles solutions dans le domaine des stocks de chaleur à court terme, et l'Allemagne dans le domaine des stocks saisonniers diffusifs.

Nous espérons pouvoir accueillir une conférence internationale de type *Terrastock* en 2006 ; nous

intéressent de plusieurs pays a été manifesté et nous voyons dans une telle collaboration internationale la possibilité d'aboutir plus vite. Les démarches sont en cours pour organiser un premier séminaire en 2001 consacré à la présentation de l'état de l'art du



n'avons pas pu présenter la candidature de la Suisse pour 2003 faute de ressources et de relais d'une grande École disposant de l'infrastructure nécessaire.

Nous avons défini à l'occasion de *Terrastock 2000*, comme nous le projetions en 1999, les contours d'une nouvelle tâche AIE avec un collègue des Pays-Bas. Cette tâche devrait s'intéresser aux matériaux de stockage, tels que la zéolithe et les silicagels. Un

stockage en zéolithe ou silicagel dans chaque pays.

Toujours dans l'AIE, nous suivons, sans participation officielle de la Suisse, le projet UTES, *Underground Thermal Energy Storage*. Certains pays ont une avance considérable en matière d'utilisation des aquifères pour le refroidissement et le chauffage par pompe à chaleur (Pays-Bas, Suède), dans des applications économiquement très rentables.

Deux forages pilotes de 160 m de profondeur ont été réalisés à Lucerne sur le site de stockage saisonnier de chaleur du futur complexe de la SUVA et une nouvelle méthode de tests de réponse a permis de déterminer la qualité thermique des sondes in situ pour dimensionner au mieux le stock et les longueurs de sonde nécessaires.

Transferts à la pratique, Projets P+D

Le transfert à la pratique des travaux concernant les stocks diffusifs sans pompe à chaleur ne peut encore être accompli. La recherche d'un pilote est en cours.

Des projets pilotes de stocks diffusifs fonctionnant avec pompes à chaleur sont en fonctionnement depuis plusieurs années et nos rapports annuels précédents ont montré leur qualité. Certains bureaux d'études sont devenus des spécialistes en Suisse et à l'étranger.

Nous n'avons pas obtenu de nouveaux projets P+D cette année du fait de l'étroitesse du marché des grandes constructions neuves en Suisse et du choix des économies d'énergie avant une production alternative.

L'an dernier nous avons rapporté sur plus de dix projets P+D. Les projets pilotes encore en cours en 2000 sont au nombre de quatre.

Le pilote le plus démonstratif est l'installation du **Collège de Peseux**, Neuchâtel, qui fonctionne à satisfaction depuis 1996 [11]. Le stock de 29'000 m³ comporte 30 sondes de 60 m de profondeur exploitées par une pompe à chaleur et rechargée par des absorbeurs solaires. L'installation a été mesurée durant 4 ans et le rapport final est attendu. Les principaux résultats sont les suivants :

- En recharge, la température maximale a atteint 52 °C lors de la 4^e saison et en décharge la température minimum à la sortie du stock est passée de 2 à 5 °C en 4 ans. Un excès de charge du stock d'environ 40% en moyenne est observé du fait du surdimensionnement du champ d'absorbeur par rapport à l'extraction hivernale.
- En 4 ans, le COP de la pompe à chaleur a baissé de 4% malgré l'élévation de température du stock de 2 à 3 °C. La consigne, prescrite par le fabricant, de 12 °C maximum à l'entrée de l'éva-

porateur devrait pouvoir être augmentée pour bénéficier encore plus de la source de chaleur qu'est le stock, mais le fabricant ne veut pas prendre ce qu'il juge être un risque pour la machine.

- Le COP de la pompe à chaleur à gaz est en moyenne de 1.42 sur les 4 ans, sans dérive. Le condenseur sur les gaz du moteur fournit 14% de l'énergie thermique produite par le groupe PAC-moteur à gaz, et ce groupe fournit 79% des besoins pour une puissance nominale de seulement 49%. Le dimensionnement est donc correct.
- Les problèmes à noter sur cette installation sont mineurs : l'encrassement du désurchauffeur de la pompe à chaleur et des fuites aux raccords des absorbeurs. Le bilan financier de l'installation du Collège de Peseux serait équilibré si le gaz valait 6.4 cts par kWh.

L'installation de Peseux a été visitée par une délégation d'Électricité de France et une délégation de la commission de construction du centre SUVA-CNA de Lucerne où nous espérons un projet analogue, mais 5 fois plus grand.

Le projet pilote du bâtiment de la Caisse d'assurances cantonales de Lucerne, **Buchenhof**, à Aarau comporte 20 sondes de 120 m de profondeur. Il est en service depuis 2 ans. Les mesures sont terminées et les principales conclusions sont les suivantes :

- Le centre est chauffé à 44% par l'utilisation des rejets de chaleur des machines de froid du centre informatique, à 18% du stock saisonnier exploité en hiver par une pompe à chaleur et à 5% par une pompe à chaleur sur l'air. Les 33% restants sont fournis par une chaudière à mazout.
- En 2 ans, 734 MWh ont été injectés dans le stock, mais seulement 144 MWh ont été repris par l'évaporateur de la pompe à chaleur de 160 kW du côté du condenseur, car les rejets de chaleur sont utilisés en direct pour satisfaire la demande en chaleur en hiver. La température moyenne du stock s'est élevée de 1.7 °C de ce fait, ce qui a pour conséquence d'augmenter le rendement de la pompe à chaleur de 3.6% qui atteint ainsi un COP de 3.72.
- Le bilan financier montre que l'économie annuelle d'énergie procurée par le stock est égale à l'amortissement de l'investissement. Le coût de l'énergie produite par la pompe à chaleur et le stock est de 22 cts / kWh ce qui est élevé, car le taux d'utilisation de la PAC est faible (1'000 h / an).

L'installation pilote a permis à un bureau d'études important d'acquérir une première expérience positive dans ce domaine. Le rapport final est disponible [15].

Après quatre ans d'hésitations, la **SUVA** n'a toujours pas choisi de solution pour son futur centre de Root

près de Lucerne, dont la construction semble sans cesse repoussée. La variante de production de chaleur avec stockage saisonnier, que nous souhaitons voir être choisie par la SUVA, a été simulée par D. Pahud avec TRNSYS et prévoit 49 sondes de 160 m de profondeur espacées de 6.5 m. Un forage carotté et deux tests de réponse sur deux sondes de 160 m de profondeur avaient été réalisés sur le futur site en 1999. Les résultats de l'analyse thermique montrent un sol à forte conductibilité thermique (3.6 W / m · K) et à capacité calorifique assez classique (2.3 MJ / m³ · K). La formation découverte (OMM) est adaptée au stockage de chaleur, et il n'y a pas d'écoulement d'eau souterraine [7].

Les tests de réponse ont été interprétés par D. Pahud en 1999, mais un complément d'étude a permis les deux conclusions suivantes :

- Il n'est pas recommandé de prévoir le mode « refroidissement direct » depuis le stock dans le schéma de principe, car les groupes de froid couvrent tous les besoins, même avec une température tolérable pour le refroidissement allant jusqu'à 18 °C (référence : 10 °C).
- Il n'est pas recommandé d'isoler les tubes de liaison horizontaux soumis à l'eau souterraine, mais, du fait des températures de travail du stock, de les regrouper en une torche chaude et une torche froide et de bien les poser éloignés dans le caniveau.

Les résultats des tests de réponses ont été communiqués dans un séminaire international organisé en Belgique par le programme ECES de l'AIE (Annexes 12 et 13) tenu à Mol en Belgique en octobre 2000. Le travail de dimensionnement final par simulation a dû être mis en attente faute de décision de la SUVA [10].

L'installation **des Brenêts** comporte un stock saisonnier sous forme de 50 fûts de récupération de 200 l remplis d'eau. La charge doit être assurée par 80 m² de capteurs à air. La couverture transparente de la façade solaire a été refaite et a supporté l'ouragan Lothar. Le système de mesure et de commande ne cesse de tomber en panne lors des orages, ainsi les mesures 2000 ne sont pas exploitables. Une telle installation montre les limites des projets pilotes pour lesquels les ressources humaines sont limitées et la reproductibilité du concept insuffisante. Le rapport final est repoussé d'un an [14].

Le projet pilote **Cost'EAU** du CUEPE Genève s'intéresse à mieux connaître les puits canadiens. Lors de la construction du nouveau siège administratif de la société Perret à Satigny (GE), une solution innovante pour le chauffage et le rafraîchissement a été réalisée par la société Ecoconfort (Préverenges, VD). Le système est composé d'un collecteur terrestre à eau, horizontal, utilisé habituellement pour les pompes à chaleur, de coût

réduit. Il est situé dans la partie inférieure de la dalle, sous le bâtiment. Il a une double fonction :

- Aspect énergétique (hiver) : préchauffage de l'air neuf par extraction de la chaleur emmagasinée dans le sous-sol. Le complément de chauffage se fait directement sur l'air par une batterie de chauffage, après récupération de la chaleur de l'air vicié.
- Aspect de confort (été) : rafraîchissement de tout le bâtiment en dessous du seuil minimum de confort, ce qui permet d'éviter un groupe de froid.

Le dimensionnement a été basé sur l'expérience acquise par la mise en place d'environ 150 collecteurs terrestres identiques pour des villas équipées d'une pompe à chaleur terre - eau. Le collecteur comporte 10 boucles de 100 m de tube PE 32x28 mm réparties sur une surface de 300 m², soit un écartement moyen de 30 cm. Il est disposé dans la partie inférieure de la dalle du bâtiment. La puissance de la pompe de circulation est de 140 W pour un débit d'environ 1'000 l/h. Le collecteur prend en été et cède en hiver de l'énergie thermique à l'air neuf de ventilation. Une régulation simple par thermostat met

en service le circulateur quand la température de l'air neuf à l'entrée du bloc de ventilation est soit inférieure à 6 °C (hiver), soit supérieure à 17 °C (été). Le concept se veut très simple et l'ensemble a ainsi un coût très réduit.

Il s'agit dans cette étude de vérifier le fonctionnement de ce système par une mesure *in situ* d'une année, aussi bien pour le préchauffage de l'air en hiver que le potentiel de rafraîchissement en été, de déterminer le coût de la chaleur et du froid économisé et, si le système s'avère intéressant, de faire connaître cette réalisation.

Les premiers résultats de l'été 2000 ont montré que le confort a pu être maintenu à 26.3 °C dans le bâtiment même lorsque la température extérieure atteignait 30 °C. Les résultats sont exploités également dans la thèse à paraître de M. Hollmüller, le chercheur principal [16].

Enfin et malgré notre insistance, les rapports finaux des installations pilotes de la **Hochschule St. Gallen** (bureau Schär AG) et de la villa Fleury à **Épalinges** ne nous sont pas encore parvenus [12, 13]. Une action est entreprise.

Évaluation 2000

Deux faits s'ont à relever :

- les moyens financiers très modestes du programme pour la recherche, qui ne peuvent nous emmener vers des horizons ambitieux.
- la non-décision de la SUVA, alors que nous avions réservé notre budget P+D pour ce projet.

Les résultats obtenus sont conformes aux attentes : des outils de simulation mais aussi des règles de dimensionnement sont désormais disponibles pour :

- le stockage en dalle active
- le stockage diffusif par sondes
- le stockage en aquifère.

La difficulté principale est la faiblesse du marché des technologies nouvelles de chauffage.

L'installation du collège de Peseux, pour laquelle nous avons 4 ans de mesure, est un exemple à populariser.

Nous avons commencé une ré-orientation du programme de recherche vers le stockage court terme. La recherche concernant les nouveaux matériaux de stockage solaire (zéolithe) est en bonnes mains au SPF de Rapperswil.

En ce qui concerne les projets pilotes, nous orienterons la prospection vers des projets d'amélioration du stockage solaire pour les villas. Le projet de la SUVA ne sera plus conservé en priorité n° 1.

Perspectives 2001

Nous continuerons de chercher un projet de stockage solaire diffusif sans pompe à chaleur de plus de 600 MWh, pour lequel nous apporterons soutien technique et financier, si le budget P+D est maintenu, et le suivi scientifique.

Nous souhaitons voir les résultats des optimisations de SERSO et de Wollerau.

Le renforcement de la recherche sur la zéolithe au SPF sera envisagé selon les moyens qui seront mis à notre disposition.

Une collaboration pour la mise sur pied d'une nouvelle tâche AIE avec un collègue des Pays-Bas (J. van Berkel) sera à l'ordre du jour, pour nous permettre de découpler nos moyens de recherche dans le domaine de la zéolithe.

Des industriels devront être associés assez tôt à ces projets pour avoir une chance de solutions commercialisables.

Liste des projets de recherche

Légende : (RA) Rapport annuel disponible

(RF) Rapport final disponible (pas de rapport annuel dans l'année)

- [1] U. Frei et al., SPF/HS-Rapperswil: *Zeolithspeicher. Zeolithspeicher in der thermischen Solartechnik: Machbarkeit und Potential* (RF März 2000) ♦ *Sorptionsspeicher. Phase 1: Aufbau einer Laboranlage* (RA) <http://www.solarenergy.ch/>
- [2] B. Lachal, CUEPE, Genève: *RENOVA: Installation solaire active avec injection de chaleur en sous-sol* (RF à paraître en 2001) <http://www.unige.ch/cuepe/rapport/>
- [3] P. Hartmann, ZHW, Winterthur: *Akquisition eines Demonstrationsprojektes „Saisonale Speicherung von Sonnenenergie im Erdboden* (RA) <http://www.zhwin.ch>
- [4] S. Dupasquier, EPFL-Lausanne: *Conditions d'exploitation et paramètres géologiques optimaux pour le stockage de chaleur en aquifère en Suisse* (RF sous forme de Thèse de doctorat ès sciences EPFL, à paraître en 2001)
- [5] D. Pahud, SUPSI-DCT-LEEE Canobbio: *Optimisation de l'installation de chauffage et de refroidissement par sondes géothermiques de Wollerau par calage d'un outil de simulation dynamique sur les mesures existantes* (RA)
- [6] D. Pahud, SUPSI-DCT-LEEE Canobbio: *SERSO, stockage saisonnier de l'énergie solaire dans le terrain pour le dégivrage d'un pont. Optimisation de l'installation par calage d'un outil de simulation dynamique sur les mesures existantes* (RA)
- [7] B. Keller, Mengis + Lorenz AG, Luzern: *SUVA, Pilotbohrung für einen geothermischen Diffusions-speicher* (RA)

Liste des projets P+D

- [8] D. Pahud, G. Travaglini, SUPSI-DCT-LEEE Canobbio, A. Fromentin, EPFL-Lausanne: *Optimisation d'un stockage de chaleur en dalle active dans un immeuble d'habitation* (Projet P+DB, RF Novembre 2000)
- [9] D. Pahud, G. Travaglini, SUPSI-DCT-LEEE Canobbio : *Étude d'une maison solaire active avec stockage en dalles au Tessin* (Projet P+DB, RF Septembre 2000)
- [10] D. Pahud, SUPSI-DCT-LEEE Canobbio : *Étude pilote pour les bâtiments du Centre SUVA Lucerne. Analyse des réponses de 2 sondes tests et optimisation du stockage diffusif* (Projet P+DB, RA)
- [11] B. Matthey, BMIC, Montezillon: *Installation solaire pour le collège des Coteaux à Pesieux avec stockage saisonnier par sondes verticales et pompe à chaleur à gaz – Optimisation* (RA)
- [12] H. SCHÄR, St Gallen: *Erdspeicheranlage für das Weiterbildungszentrum Hochschule St. Gallen* (Rapport non reçu)
- [13] F. Fleury, Épalinges: *Villa solaire avec stockage saisonnier en molasse* (Rapport non reçu)
- [14] P. Léchaire, Les Brenêts: *Maison solaire avec stockage saisonnier central chauffé par capteurs à air* (RA)
- [15] S. Wiederkehr, JOBST WILLERS ENGINEERING, Rheinfelden: *Verwaltungsgebäude Buchenhof, Aarau. Messkampagne des saisonales Erdspeichers* (RF Dezember 2000)
- [16] B. Lachal, CUEPE, Genève : *Cost'EAU. Rendement énergétique et économique d'un collecteur souterrain à eau pour le chauffage et le rafraîchissement* (Projet P+DB, RA)