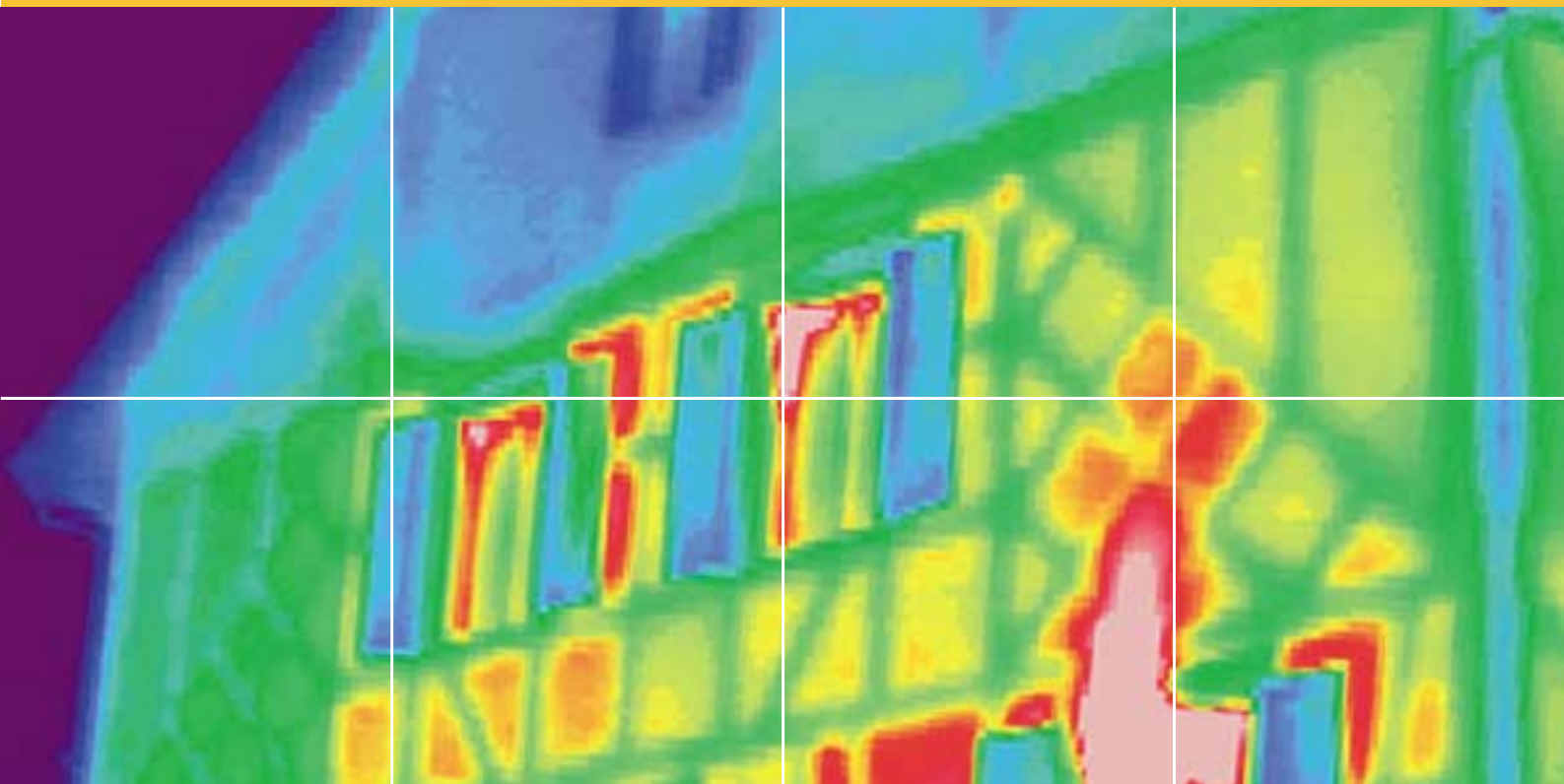


Décembre 2002

ENET NEWS

Nouvelles de la recherche énergétique



Chimie solaire
Focaliser et transformer

Bâtiments
Durabilité dans la construction également

Fondements de l'économie énergétique
Poser les premières pierres

www.energieforschung.ch

 **suisse énergie**



OFEN

Biogène et solaire4

CORE

On demande des édifices durables6

Nouvelle internationales

Le 6^e Programme-cadre de recherche7

Eureka et la recherche de partenaires7

ENET

Nanotechnologies :
quelles applications ?8

Chaleur solaire

Mesures en cours9

Chimie solaire

Focaliser et transformer10

Petits aménagements hydroélectriques

Des études préalables pour commencer ...12

Photovoltaïque

Mieux intégré que jamais14

Bâtiments

Durabilité dans la construction16

Développer durablement les quartiers18

Accompagner le PIV sur le marché20

Construire et rénover pour demain21

Fondements de l'économie énergétique

Poser les premières pierres23

Rapport coût/bénéfice25

Minergie et Maison passive: ça bouge ! ...26

Ils en savent bien peu27



Piles à combustible

L'avenir s'annonce28

Électricité

Air comprimé et économies28

Chaleur ambiante

Palettes contre scroll ?30

Vision d'avenir30

Transports

Les SCAPs se mettent au travail33

Mobilité au gaz naturel34

Rejets thermiques

Des procédés discontinus efficaces35

Optimisation énergétique des installations
d'approvisionnement en eau35

Énergie nucléaire

Gérer sûrement les déchets36

Nouvelles publications38

Impressum

ENET-NEWS

Nouvelles de la recherche énergétique

Décembre 2002 / N° 53

Paraît trois fois l'an en français
et en allemand.

Éditeur

Office fédéral de l'énergie OFEN

Worblentalstrasse 32

CH-3063 Ittigen

Adresse postale

OFEN

CH-3003 Berne

Rédaction

ENET Communication

Jürg Wellstein

Parkstrasse 15

CH-4106 Therwil

Tél. +41 61 726 92 18

Téléfax +41 61 726 92 11

enet.kommunikation@bro.ch

Annonces:

ENET Communication

Administration

Tél. +41 61 726 92 20

téléfax +41 61 726 92 41

Traduction française

Jean-Marc Suter

Suter Consulting

Postfach 130

CH-3000 Bern 16

Reproduction autorisée seulement avec
l'indication de la source.

Papier sans chlore

Imprimé en Suisse.

Photo de couverture

L'isolation thermique des bâtiments est un pas essentiel vers une meilleure efficacité énergétique. La thermographie permet de rendre visible les ponts thermiques et les variations dans la transmission de la chaleur, d'un point à l'autre de l'enveloppe. On peut ainsi identifier les parties nécessitant une rénovation.

(Photo: LFEM/EMPA, Dpt de Physique du bâtiment)

L'efficacité énergétique dans le bâtiment

Les fondements de la politique énergétique de la Suisse sont ancrés dans la Constitution fédérale dans laquelle est fixé que la gestion du secteur du bâtiment relève des Cantons. La Loi fédérale sur l'énergie précise ces principes et assigne les compétences dévolues aux Cantons afin de réaliser des mesures visant une utilisation plus économe et rationnelle de l'énergie dans les bâtiments. En Suisse, la production de chaleur et d'eau chaude destinées aux bâtiments représente environ 40% de la consommation d'énergie. Du point de vue des possibilités d'économie existantes, le bâtiment est donc un domaine de première importance.

Le programme national SuisseEnergie vise, entre autres, à la réduction des besoins en énergie du secteur du bâtiment en différenciant les nouvelles constructions des édifices existants. La construction de nouveaux édifices, prévue pour les années à venir, induira par ailleurs une augmentation des surfaces de bâtiments chauffés et aura comme conséquence une consommation croissante d'énergie dont il faudra tenir compte. Il s'agira donc de compenser cette augmentation de consommation par la réhabilitation énergétique des bâtiments, d'une part, et par la réalisation de nouvelles constructions utilisant efficacement l'énergie, d'autre part. L'emploi croissant de technologies du bâtiment économisant l'énergie et surtout l'application de la nouvelle norme SIA 380/1, approuvée en juillet 2001, devraient faire considérablement baisser les besoins en énergie des nouvelles constructions. Les dispositions légales relatives au sec-

teur de la rénovation devant être formulées de manière assez vague, compte tenu de la garantie du droit de propriété, la réhabilitation énergétique de bâtiments ne peut être prescrite que dans certains cas spéciaux, tels que changement d'affectation, reconstruction complète de l'intérieur d'un bâtiment, etc. Des mesures d'incitation financières dans le cadre de programmes promotionnels au niveau cantonal sont donc indispensables à la mise en valeur du potentiel énergétique considérable dans le domaine de la rénovation des bâtiments.

Les Cantons prennent cette tâche au sérieux. Le Canton de Lucerne en est un exemple. Le programme de promotion, en vigueur depuis le début de l'année 2001, cherche principalement à promouvoir des mesures visant une utilisation plus économe et rationnelle de l'énergie dans le secteur du bâtiment. La réhabilitation énergétique des édifices construits dans les années septante et quatre-vingts requérant un effort considérable, notre programme se concentre sur des mesures d'incitation financières permettant une réhabilitation énergétique exemplaire. Cela *a fortiori*, puisque de telles rénovations de l'enveloppe des bâtiments permettent d'atteindre un taux moyen d'économie d'énergie de l'ordre de 50 à 60%.

Dr Anton Schwingruber

Conseiller d'État du Canton de Lucerne,
Président de la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie



Des bateaux solaires silencieux et sans gaz d'échappement acheminent les visiteurs vers le monolithe du lac de Morat.

Biogène et solaire

Le soutien de programmes de promotion des énergies renouvelables était la priorité de l'OFEN

Un programme promotionnel ciblé de l'Office fédéral de l'énergie a fortement empreint le concept énergétique d'Expo.02 sur l'ensemble des artéplages. Les visiteurs ont pu profiter de plusieurs solutions novatrices illustrant les technologies du futur.

***"Flying Fish"* pour un recyclage intégral de la biomasse**

Les expositions et projets d'infrastructure se signalant par des concepts énergétiques particulièrement favorables à l'environnement ont été distingués par le label *"Flying Fish"*. Ce label certifie le recours aux sources d'énergie renouvelables, à des cycles complets et à des procédés respectueux de l'environnement. L'installation décentralisée de digestion des déchets biogènes de l'Hôtel Palafitte à Monruz près de Neuchâtel répond clairement à ces critères.

L'installation *"Zero-Waste"* de la société Ecobel Sàrl à Rüschikon travaille selon le modèle des cycles naturels où la totalité des déchets est recyclée. Les déchets de cuisine et les restes de repas quotidiens sont directement versés dans un digesteur à biogaz,

permettant à cet hôtel de s'affranchir de tout stockage intermédiaire. Le méthane gazeux produit est convoyé vers un réservoir aux dimensions généreuses, dans l'attente d'une transformation ultérieure en chaleur et en électricité par un moteur à combustion interne.

Le réacteur de l'installation "Zero-Waste" produit de la terre de compost de haute valeur.



Les résidus solides en provenance du digesteur de 3 m³ sont alors acheminés vers le réacteur aérobique où ils sont transformés en terre de compost par un procédé biogène. Les résidus liquides issus du digesteur contiennent des éléments nutritifs et sont utilisés pour stimuler la croissance de plantes aquatiques. Celles-ci assurent du-



rant leur croissance la purification biologique de l'eau. Plus tard, elles pourront, selon les besoins, servir de fourrage ou à nouveau d'agent énergétique. Il ne peut y avoir de croissance des plantes ni de purification de l'eau sans un apport suffisant de lumière. Afin de renforcer la lumière peu abondante de la saison hivernale et d'éclairer les parties ombragées des bassins installés, il est possible de doubler son intensité soit par des lentilles de Fresnel, soit en la dirigeant sur des miroirs; les plans d'eau sont ainsi éclairés sans consommation d'électricité.

L'installation a été développée sur la base des expériences faites avec une installation pilote exploitée à Zurich. Il est essentiel de procéder toujours à une étude globale du cycle biologique donné.

La structure modulaire du concept "Zero-Waste" permet d'adapter les différents procédés de recyclage aux paramètres spécifiques de chaque lieu d'exploitation. Cette flexibilité favorise le traitement décentralisé des déchets biogènes dans les agglomérations, permettant ainsi de limiter strictement les frais de ramassage et les transports gourmands en énergie.



Expo.02 a pleinement réussi la création d'un parc de véhicules à gaz couvrant ses besoins de transport.

Des sources d'énergie insolites pour les transports

Dans le domaine des transports, l'OFEN a soutenu trois projets à effet durable. Premièrement, le bateau *MobiCat* assurant le transport de 150 passagers grâce à une installation photovoltaïque de 20 kW_c intégrée au toit. Vient ensuite la construction de bateaux solaires de dimensions plus modestes pour la traversée du lac de Morat vers

Un départ fulgurant – SuisseEnergie et son 1^{er} rapport annuel

Le 1^{er} rapport annuel SuisseEnergie 2001/02 présente les résultats de la première année suivant la transition d'Énergie 2000. Ce bilan montre que la consommation nationale d'énergie a encore augmenté, malgré les progrès du Programme SuisseEnergie. C'est pourquoi il faudra renforcer à la fois les mesures volontaires, les mesures incitatives et promotionnelles et les dispositions légales. La communication doit aussi être intensifiée. Dans le domaine de l'énergie, le Programme a induit des investissements estimés à 800 millions de CHF et un volume de travail global de 4'700 personnes-années.

Pour commander:

1^{er} rapport annuel SuisseEnergie 2001/02
OFCL, Diffusion des publications

Fax 031 325 50 58

www.bundespublikationen.ch

N° de commande OFCL 805.950.01 d/f/i/e



Paul Keller explique le concept du cycle biogène basé sur une étude globale.

le *monolithe* : 20 m² de cellules solaires suffisent au transport silencieux et exempt de gaz d'échappement d'une soixantaine de personnes.

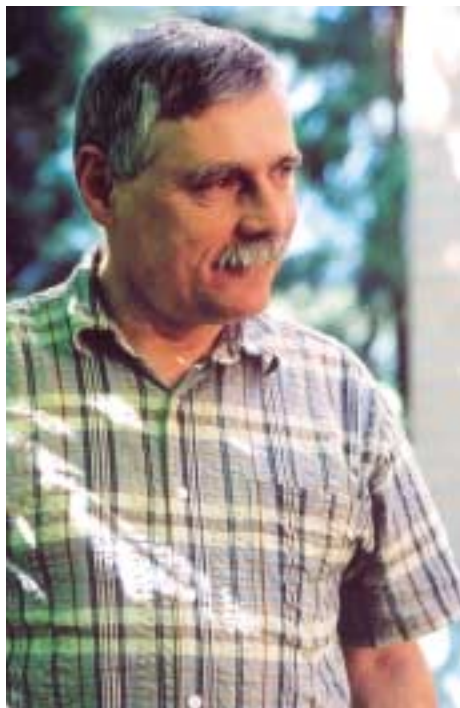
Finalement, des véhicules à gaz, conçus pour les besoins de transport sur route d'Expo.02 et portant le logo de SuisseEnergie, sillonnent désormais toute la Suisse, en guise de campagne de sensibilisation à ces nouveaux carburants que sont le biogaz et le gaz naturel.

L'installation "Zero-Waste" travaille selon le modèle des cycles naturels, et sa structure modulaire s'adapte aux paramètres spécifiques de chaque lieu de d'exploitation.

On demande des édifices durables

Depuis longtemps, les techniques énergétiques d'avenir dans le secteur du bâtiment sont l'un des principaux centres d'intérêt de la CORE

Environ la moitié de l'énergie consommée en Suisse est employée pour la construction et l'exploitation de bâtiments; ce qui explique le grand intérêt porté par la Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE) à ce secteur. La Commission définit les stratégies fondamentales de la recherche énergétique et élabore des lignes directrices à l'intention des organes de décision et de mise en œuvre de la Confédération. Le membre de la CORE, répondant de la direction du programme de recherche "Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment", est Dieter Imboden, professeur de physique de l'environnement à l'EPF de Zurich.



Dieter Imboden: "La CORE salue le développement et l'utilisation de standards nouveaux pour le bâtiment. "

Quelle est l'influence de la construction de bâtiments sur les besoins en énergie de l'avenir ?

Dieter Imboden : L'utilisation des édifices s'étirant sur de longues années, les effets sur la consommation d'énergie des nouvelles connaissances fournies par la recherche ne peuvent se révéler que très lentement. Chaque retard dans l'application de nouvelles connaissances équivaut au contraire à une perte de temps à long terme. Les bâtiments qui ne sont pas construits aujourd'hui selon une pratique actualisée pèseront sur notre environnement pendant des dizaines d'années. Il est par ailleurs réjouissant de constater que grâce à l'emploi de mesures et de technologies intelligentes, il est aujourd'hui possible, par une rénovation relativement modérée des constructions, d'obtenir une réduction considérable des besoins en énergie, sans porter atteinte au confort des résidents.

"La durabilité a un aspect aussi bien temporel que local."

Que pensez-vous des nouveaux standards de bâtiment, tels que ceux de Minergie et de la Maison passive ?

D'une part, je considère Minergie comme une contribution importante qu'il est primordial d'appliquer à grande échelle et le plus rapidement possible, même au niveau des lois cantonales. D'un point de vue technique, nous sommes par contre déjà plus avancés. Il existe aujourd'hui des solutions qui permettent une consommation d'énergie nettement inférieure. Les standards, lignes directrices et prescriptions de l'avenir ont une fonction importante, celle de réduire la gigantesque consommation d'énergie des bâtiments.

Sait-on comment aborder une recherche qui s'appliquerait à tous les bâtiments de la Suisse ?

Dans le cadre des Programmes nationaux de recherche (PNR), le Fonds national suisse prépare un projet d'analyse approfondie portant sur la rénovation durable du parc immobilier et des infrastructures. Ce que l'on appelle "Bauwerk Schweiz" c'est l'ensemble de tous les bâtiments et des infrastructures qui les relient. Chaque année, une somme qui correspond à environ 1,6% de leur valeur, est investie dans les nouvelles constructions et dans les rénovations. Cela correspond à une durée moyenne de rénovation de l'ensemble du parc immobilier de l'ordre de 60 ans, soit plus de 2 générations. Cette durée pourrait toutefois être considérablement réduite en préconisant des mesures prioritaires relevant du domaine de l'énergie. Il est également nécessaire de développer des instruments nous permettant de juger les répercussions des décisions d'investissement, quant à leurs effets à long terme sur la durabilité des édifices.

Liens Internet

Pour toute information sur la CORE, voir le site de SuisseEnergie, à la rubrique CORE www.suisse-energie.ch

Physique de l'environnement, dans le cadre des sciences naturelles, à l'EPF Zurich www.up.umnw.ethz.ch

"Bauwerk Schweiz", un nouveau projet de Programme national de recherche (PNR) www.bbw.admin.ch – rubrique PNR

Programme de l'OFEN pour la recherche, et pour les installations pilotes et de démonstration "Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment" www.empa-ren.ch

La CORE accorde depuis bien longtemps une importance capitale au secteur du bâtiment. Elle désire même augmenter plus encore les enveloppes budgétaires pour la recherche énergétique dans ce secteur.

L'importance et l'urgence imposent une concentration de moyens sur le secteur immobilier. Les divers programmes de recherche de l'OFEN ne sont cependant pas à négliger. Ils ont une influence immédiate sur le développement de produits qui permettent soit de réduire les besoins en énergie des bâtiments, soit de produire de l'énergie avec des bâtiments, comme, par exemple, avec les piles à combustible, les techniques solaires, etc.

“Nous aurons toujours besoin d'experts ayant une connaissance approfondie en matière d'énergie.”

Les premiers principes de la CORE sont la durabilité et une réflexion d'ensemble. Comment est-on arrivé à fixer ces priorités ?

Grâce à la direction circonspecte de son président et à l'ouverture d'esprit de ses membres, les discussions au sein de la CORE sont constructives. Même si les avis divergent parfois sur certains points, tout le monde se rallie pour affirmer qu'il est nécessaire de considérer comme priorité absolue les aspects globaux des questions énergétiques. Pour employer au mieux les moyens limités à disposition de la Confédération, il faut susciter en plus des recherches au niveau technologique, des discussions sur la politique de la recherche. Les membres de la CORE désirent aussi présenter, plus intensément que par le passé, leurs connaissances sous forme de débats sur la politique de l'énergie.

Quelle est la signification de la notion de “durabilité” aujourd'hui ?

L'évolution du langage qui, partant de la protection de l'environnement, a abouti au

concept de la durabilité, est bien plus qu'un simple changement de terminologie. La durabilité représente en quelque sorte la conversion de la protection de l'environnement à une analyse d'ensemble des bases de l'existence humaine. Elle contient aussi bien un élément temporel: la base indispensable à la vie des générations futures, qu'un élément local: une utilisation équitable des ressources par toute l'humanité et toutes les nations d'aujourd'hui. S'agit-il d'une pondération d'intérêts ? Nous nous en rendons compte seulement après avoir défini des objectifs concrets, voire visionnaires. La vision d'une “société à 2000 watts” a heureusement suscité une intense discussion.

Quelles expériences faites-vous à ce sujet, dans le cadre de votre enseignement à l'EPF de Zurich ?

La recherche dans le domaine de l'énergie, et même les sciences techniques traditionnelles en général, n'ont plus le même attrait. Nous constatons en revanche un intérêt croissant pour les sciences naturelles appliquées et multidisciplinaires, comme les sciences de l'environnement, par exemple. Une Haute École se doit d'intégrer des thèmes, comme l'énergie, qui sont fortement marqués par les sciences techniques, à la nouvelle analyse des systèmes complexes qui, elle, est plutôt reliée aux sciences naturelles. Ce développement pourrait aussi bien dépasser la mesure: nous aurons toujours besoin d'experts capables de comprendre et de continuer à développer les systèmes techniques; bref, nous aurons toujours besoin de bons ingénieurs.

Nouvelles internationales

Le 6^e Programme-cadre de recherche

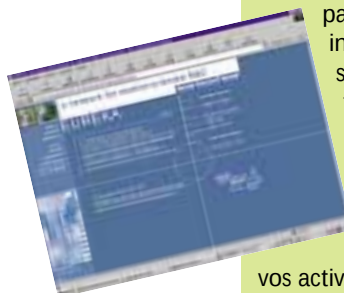
Le 5^e Programme-cadre européen de recherche et de développement technologique (PCRDT) se terminera à fin 2002 et sera remplacé par le 6^e PCRDT qui s'étendra jusqu'en 2006. Celui-ci bénéficiera d'un budget total de 17,5 milliards d'Euro (env. +17%). Depuis 1986 déjà, la Suisse participe à cette collaboration dans la recherche, avec toutefois un accès limité, car elle n'est pas membre de l'Union Européenne (UE). La prochaine signature (prévue seulement dans quelques mois) d'un accord complémentaire pour la pleine participation au 6^e PCRDT avec l'UE permettra aux chercheurs suisses de profiter de tous les éléments du Programme. Le Parlement suisse a déjà approuvé un crédit de 869 millions de CHF pour soutenir la participation au 6^e PCRDT dans la continuité. Dans le cadre de ce Programme et de la priorité de recherche dénommée “Développement durable, changements globaux et écosystèmes”, pourvue d'un budget de 2'120 M€ (millions d'Euro), une grande importance est donnée aux projets relatifs aux systèmes d'énergie durables (810 M€) et aux transports terrestres durables (610 M€). Les premiers appels d'offres sont prévus pour le 17 déc. 2002. Pour de plus amples informations: Dr Giorgio Travaglini, Point de contact national pour les domaines “Énergie, Transports, Environnement & Euratom”, Euresearch, CH-3001 Berne.

www.euresearch.ch

Eureka et la recherche de partenaires

Le Réseau européen pour la recherche et le développement – Eureka – soutient les partenariats entre l'industrie, les instituts de recherche et les universités. Grâce à son nouveau site Internet, Eureka facilite les contacts avec plus de 30 pays. Des exemples bien choisis de transfert de savoir-faire, de coopérations et d'échanges d'idées donnent des indications pour vos activités d'application.

www.eureka.be

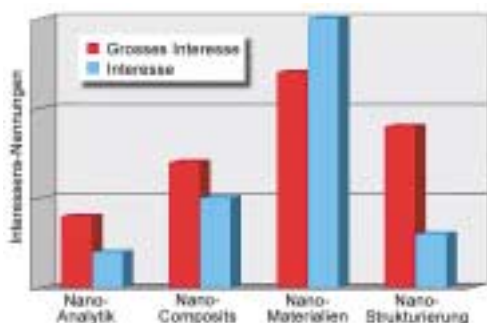


Nanotechnologies : quelle applications ?

Les possibilités offertes par les nanotechnologies promettent de nombreuses innovations

Lars Nieba
Karl Höhener
Centre ENET de
transfert de
technologie
c/o TEMAS SA
CH-9320 Arbon

Les nanotechnologies forment une branche relativement récente de la recherche dans un domaine aux confins de la physique, de la chimie et de la biologie. À partir de structures matérielles ne mesurant que quelques nanomètres (10^{-9} m), on y développe, entre autres, des applications d'un genre nouveau, adaptées également aux techniques de l'énergie. Les nanotechnologies sont encore caractérisées par la recherche fondamentale, même s'il existe déjà des possibilités d'application à court et moyen terme. La Suisse est à la pointe de nombre de ces possibilités d'application. Il convient maintenant de les mettre à profit.



Résultats de l'enquête auprès des chefs de programme de l'OFEN.

Le séminaire ENET intitulé "Les nanotechnologies dans le domaine de l'énergie et les techniques de l'environnement", qui s'est tenu à Berne le 18 avril 2002, a offert un panorama des activités et potentialités des nanotechnologies en Suisse. Joydeep Dutta (ingénieur, groupe du professeur Heinrich Hofmann à l'EPFL), a montré diverses façons d'utiliser des nanopoudres et des nanomatériaux, comme, par exemple, pour le revêtement de turbines à gaz, dans des batteries ou des cellules photovoltaïques. Joydeep Dutta affirme à propos des potentialités : "Nous ne nous trouvons qu'au début de l'application de nanomatériaux dans des domaines liés à la production, au stockage de l'énergie et à l'efficacité énergétique. Au cours de la prochaine décennie, nous verrons apparaître en technique énergétique d'innombrables applications basées sur les nanotechnologies."

La production et le stockage d'hydrogène pour de futures technologies de propulsion (par exemple, par des piles à combustible) représentent toujours un défi énorme pour la

recherche. Diverses technologies sont abordées dans ce contexte, entre autres, le stockage de l'hydrogène dans des nanotubes de carbone. Les possibles applications de cette technologie sont très importantes. Ses diverses propriétés lui permettent de s'adapter facilement à l'industrie des semi-conducteurs ou à la technique médicale. Mais après l'euphorie initiale au sujet des possibilités de stockage de l'hydrogène, Louis Schlapbach (directeur du LFEM/EMPA) a démontré clairement que les nanotubes n'y étaient pas adaptés. Il a en outre ajouté que la recherche sur d'autres matériaux à nanostructure, qui pourraient résoudre le problème du stockage, suivait son cours. Patrik Hoffmann (maître d'enseignement et de recherche à l'EPFL) a montré de manière impressionnante que les surfaces à nanostructure offrent beaucoup de possibilités: auto-nettoyage (effet Lotus), absorption sélective, nouvelles propriétés de friction, etc.

L'échelle du nanomètre promet de nouvelles visions

Le résultat du séminaire peut se résumer ainsi: les innovations se basent sur une vision exacte des procédés de la nature à l'échelle nanométrique.

Une vision approfondie des nanotechnologies

ENET organise un second séminaire d'une journée, qui aura lieu le 19 février 2003 à Berne. Les thèmes abordés seront les potentialités des nanoparticules, des applications de couches minces chimiques et physiques (nanostructures) et enfin des nouveaux nanomatériaux composites pour divers domaines des techniques énergétiques. Des experts de la recherche et de l'économie ont été invités afin de pouvoir donner une vision approfondie des divers domaines de la nanotechnologie.

Le séminaire s'adresse surtout aux entreprises actives dans le domaine de l'énergie, car celles-ci sont les moteurs de la mise en œuvre des technologies nouvelles.

Pour toute inscription, consulter le site www.temas.ch/events, ou écrire à enet@temas.ch

Les services offerts par le Centre ENET

Discussions avec le monde économique sur la stratégie à propos des potentialités des nanotechnologies pour votre entreprise.

ENET
Egnacherstr. 69
CH-9320 Arbon
Tél. 071 440 02 55
Fax 071 440 02 56
enet@temas.ch

Mesures en cours

Les systèmes *Drain-Back* sont-ils adaptés aux conditions suisses ?
Une étude devrait apporter des éclaircissements

Urs W. Muntwyler
Muntwyler Energie-
technik SA
CH-3052 Zollikofen

Pierre Renaud
Chef du programme
(P+D) "Solaire ther-
mique" de l'OFEN
c/o Planair SA
CH-2314 La Sagne

Urs Wolfer
Responsable du
domaine "Techno-
logies" solaires à
l'OFEN

Les installations solaires thermiques à capteurs vidangeables vers l'intérieur (en anglais : *drainback systems*) peuvent être adaptées à des installations existantes et dotées de champs de capteurs relativement grands. En cas de besoin, le circuit de captage se vide automatiquement. Le liquide caloporteur étant recueilli par un vase d'expansion spécial en cas de menace de gel, ces systèmes ne nécessitent pas l'utilisation de produit antigel dans le caloporteur liquide. Par ailleurs, puisque l'eau de ce circuit est dépourvue de glycol, sa capacité de transport de la chaleur est accrue, entraînant un rendement supérieur. En été, la zone concernée par le danger de surchauffe est limitée au capteur, protégeant ainsi les autres composants. Une campagne de mesures, soutenue par l'OFEN, étudie diverses installations récentes.

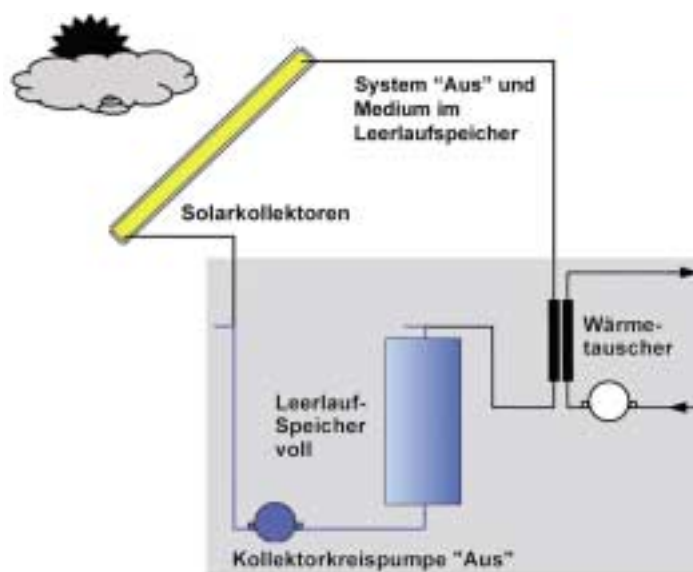
Réglage de la chaleur solaire produite en fonction des besoins

Le constructeur australien Solahart, un des producteurs de systèmes *Drain-Back*, réalise des installations solaires depuis bientôt 50 ans. Ce genre d'installations est encore

bien rare en Suisse. Elles sont conçues de manière modulaire. La tuyauterie doit toutefois être installée en respectant une pente minimum afin de permettre la vidange du capteur. Enfin, lorsque le système s'enclenche, la pompe du circuit de captage doit pouvoir pomper le liquide jusqu'au capteur malgré l'importance de la différence de hauteur.

Expérimentation continue et test des possibilités d'adaptation

La campagne de mesures, qui s'étend sur plusieurs mois, comporte l'évaluation du système *Drain-Back*, pour savoir s'il convient aux conditions suisses, ainsi que l'appréciation du besoin d'adaptation et la réponse aux questions sur l'intégration dans des configurations de systèmes connus. Les objectifs recherchés sont l'élargissement des limites techniques des systèmes par l'emploi de telles installations, la création de systèmes solaires thermiques rendus



plus avantageux par l'emploi de composants fabriqués en grandes séries et la réduction des coûts de montage grâce à l'assemblage préalable en atelier. Nul n'ignore que l'utilisation de l'énergie solaire dépend également des conditions économiques des maîtres d'ouvrage; les systèmes modulaires offrant la possibilité d'être agrandis ont donc de meilleures opportunités sur le marché.

www.solarcenter.ch
www.solahart.com

En cas de besoin, le système *Drain-Back* vidange automatiquement le capteur, le liquide caloporteur étant recueilli dans le réservoir ad hoc; ainsi, le système est protégé contre toute surchauffe et contre le gel.

CD-Info SPF 2002

Le CD-Info 2002 de l'Institut de technique solaire (SPF) de Rapperswil, soutenu par l'OFEN, contient les rapports des tests les plus récents effectués sur les capteurs et les installations compactes. Le nouveau catalogue de capteurs est mis à jour sur Internet; il présente plus de 90% de tous les capteurs solaires disponibles sur le marché. Les esquisses de construction détaillées, les paramètres de fonctionnement, les prix, etc., en donnent une excellente vue d'ensemble.

Vente: Info-CD 2002 (au prix de 53 CHF, TVA et port compris)
SPF Institut für Solartechnik
CH-8640 Rapperswil
www.solarenergy.ch

Focaliser et transformer

Des procédés adéquats de chimie solaire permettent de préparer des combustibles à partir d'énergie solaire et d'eau

Aldo Steinfeld

Institut des Techniques énergétiques
EPF Zurich
CH-8092 Zurich

Anton Meier

Laboratoire de Génie chimique solaire
Institut Paul Scherrer
CH-5232 Villigen-PSI

Armin Reller

Chef du programme
"Chimie solaire" de
l'OFEN

Alphons

Hintermann

Responsable du
domaine "Chimie
solaire" à l'OFEN

L'énergie solaire représente une alternative aux combustibles fossiles classiques émettant du CO₂. Elle est en principe disponible sans limites. Le rayonnement solaire incident est cependant fortement filtré, discontinu et réparti irrégulièrement sur la surface de la Terre. Son exploitation dans le cadre de procédés énergétiques implique de le focaliser, de le stocker, puis de le transporter des zones ensoleillées à population clairsemée de la ceinture solaire de la Terre vers les centres industrialisés fortement peuplés et caractérisés par des besoins élevés en énergie.

L'énergie solaire se stocke

La transformation thermochimique du rayonnement concentré permet de stocker l'énergie solaire dans des "combustibles solaires". Le rayonnement solaire incident est focalisé sur une petite surface par des réflecteurs paraboliques et recueilli par un

"récepteur solaire" adéquat. La chaleur à haute température en résultant (jusqu'à 2000 °C et plus) peut être utilisée pour la production thermochimique de combustibles susceptibles d'être stockés et transportés. Dans le cadre d'études avec le four solaire du PSI et le simulateur solaire de l'EPF Zurich, il s'est avéré que les procédés dans lesquels on obtient un métal et de l'hydrogène sont particulièrement favorables.

C'est pour cette raison que la recherche est principalement orientée sur la fabrication solaire de métaux (par exemple, du zinc), d'hydrogène et de gaz de synthèse. Ce dernier peut notamment servir à la production de méthanol, susceptible de devenir un substitut de l'essence. Le zinc sera soit destiné directement à la préparation d'hydrogène, soit utilisé pour la production d'électricité dans des batteries zinc-air ou, via l'hydrogène, dans des piles à combustible. L'oxyde



SolarPACES à Zurich

Le développement de procédés alternatifs recourant au rayonnement solaire focalisé était au centre du 11^e Symposium SolarPACES ("Solar Power And Chemical Energy Systems"). Du 4 au 6 septembre 2002, des experts du monde entier se sont rencontrés à Zurich pour un échange d'expériences en matière de technologies solaires. Cette manifestation, soutenue par l'OFEN, du programme SolarPACES de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) a été ouverte par une présentation donnée par Carlo Rubbia, Prix Nobel, du programme de thermodynamique solaire de l'Italie. Hans-Luzius Schmid, directeur du Programme Suisse-Energie de l'OFEN, a évoqué la nécessité d'actions bien ciblées, telle qu'elle ressort d'une comparaison des objectifs du Programme et de la situation actuelle en matière de consommation d'énergie dans notre pays.

Faisabilité confirmée dans de nombreux cas

La riche palette de contributions sur les concentrateurs cylindro-paraboliques, les

centrales solaires à tour et les héliostats, etc., a été complétée par des aperçus des résultats de recherche en matière de carburants solaires, d'essais de matériaux et de procédés solaires de décontamination de l'eau, de substances organiques et de déchets, etc.

De nombreux projets pilotes ont désormais prouvé la faisabilité des procédés solaires et évoluent vers des projets de démonstration de plus grandes dimensions permettant d'aborder les analyses de rendement et les

questions économiques de façon réaliste. Aussi, plusieurs pays ont-ils entamé des négociations en vue de la construction d'installations plus puissantes.

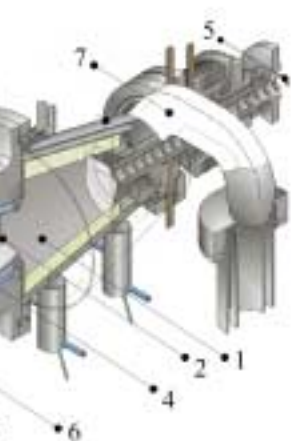
Des températures élevées pour des procédés variés

Pour les procédés caractérisés par des températures élevées, sans lesquelles les réactions n'ont pas lieu, le rayonnement solaire concentré représente une alternative réelle aux



de zinc généré à cette occasion retourne au procédé thermosolaire de façon à ce que le circuit des matériaux soit bouclé.

D'autres activités de recherche sont consacrées à la "décarbonisation" de combustibles fossiles, soit l'extraction du carbone



Le réacteur solaire développé au PSI pour la dissociation chimique de l'oxyde de zinc:

- 1 récepteur rotatif
- 2 ouverture d'entrée pour le rayonnement solaire focalisé
- 3 fenêtre de quartz
- 4 concentrateur secondaire
- 5 dispositif de transport de l'oxyde de zinc
- 6 orifice d'entrée des gaz inertes
- 7 orifice de sortie des gaz produits

agents énergétiques fossiles classiques. C'est pourquoi on étudie non seulement la production d'hydrogène, mais aussi bien d'autres applications telles que, par exemple, la production, si gourmande en énergie, de silicium très pur pour la fabrication de cellules photovoltaïques.

Que ce soit à des fins d'approvisionnement en énergie, dans le domaine des transports ou pour la fabrication de produits chimiques, les technologies solaires thermiques et thermochimiques ont toutes les chances de devenir compétitives face aux méthodes classiques basées sur des agents énergétiques fossiles. À condition, bien sûr, de tenir compte des coûts externes occasionnés par la combustion des agents énergétiques fossiles.

Le programme de l'AIE pour la recherche dans le domaine de l'énergie solaire concentrée ("Solar Power and Chemical Energy Systems") : www.solarpaces.org

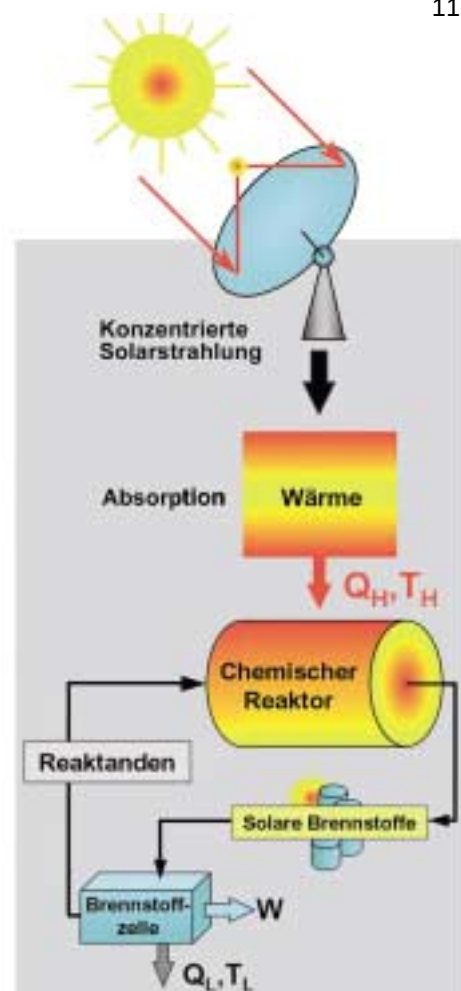
avant leur combustion. On étudie aussi le possible recours à l'énergie solaire concentrée pour le recyclage de déchets spéciaux et pour la production de chaux et de ciment. Ces procédés gourmands en énergie sont responsables d'importantes émissions de CO_2 tant qu'on en reste aux combustibles fossiles classiques. L'énergie solaire focalisée représente en revanche une source thermique propre pour tout procédé à haute température.

Production thermosolaire d'hydrogène

L'extraction thermosolaire directe d'hydrogène à partir de l'eau représente un procédé chimique intéressant. À partir d'une température de 3'000 °C et à une pression adéquate, l'eau est dissociée en hydrogène et oxygène. Ce procédé est appelé la thermolyse de l'eau.

Cette extraction directe de l'eau serait un concept ingénieusement simple si l'on ne déplorait pas jusqu'ici l'absence de toute technique efficace de séparation de l'hydrogène et de l'oxygène à des températures aussi élevées. Ce problème peut cependant être contourné par le recours à des cycles thermochimiques de dissociation de l'eau dans lesquels l'hydrogène et l'oxygène apparaissent successivement. Un exemple en est le procédé en deux étapes basé sur les systèmes rédox à oxydes métalliques. Une première étape, endothermique, consiste en la réduction thermosolaire d'oxydes métalliques en métaux (par exemple, de l'oxyde de zinc en zinc) à des températures supérieures à 2'000 °C. La deuxième étape, exothermique et "non solaire", est la décomposition de l'eau elle-même (hydrolyse) sous l'action réductrice des métaux résultants (par exemple, le zinc) à des températures modérées, produisant de l'hydrogène moléculaire et redonnant les oxydes métalliques correspondants.

Ces systèmes de réduction-oxydation peuvent atteindre des rendements supérieurs à 30%, à condition de concentrer très fortement le rayonnement solaire et de veiller à récupérer les rejets thermiques durant le refroidissement des produits.



La recherche en chimie solaire porte sur l'utilisation de l'énergie solaire concentrée pour la fabrication de combustibles solaires susceptibles d'être stockés et transportés.

Des réacteurs parfaits pour les procédés de chimie solaire

La recherche en chimie solaire au PSI et à l'EPFZ jette un pont entre la recherche fondamentale en physique et en chimie, et le domaine du génie chimique. La compréhension des interactions extrêmement complexes entre le rayonnement solaire focalisé, le matériau introduit dans le réacteur et la cinétique de la réaction chimique est indispensable au développement de réacteurs appropriés, susceptibles de convertir efficacement l'énergie solaire en combustibles chimiques. Cela permet d'optimiser les technologies thermochimiques solaires par rapport aux procédés classiques basés sur des agents énergétiques fossiles. Les combustibles solaires se prêtent à un approvisionnement en énergie respectueux de l'environnement, fournissant ainsi une contribution à la stabilisation du climat.

Des études préalables pour commencer

La réactivation de petites centrales électriques sur la base d'études préalables et d'analyses de projet

Hanspeter Leutwiler

Chef du programme "Petits aménagements hydroélectriques" de l'OFEN
Case postale
CH-8910 Affoltern
am Albis

Bruno Guggisberg

Responsable du domaine "Petits aménagements hydroélectriques" à l'OFEN

Les activités de promotion en faveur d'une meilleure valorisation du potentiel énergétique des petits aménagements hydroélectriques comprennent également des contributions pour les études préalables de projets de rénovation et de réactivation et sur leurs possibilités de réalisation. Entre 1992 et 2000, l'OFEN a pu soutenir en tout 73 projets de ce type, dont un tiers environ ont été réalisés à ce jour. Ces projets ont généré des investissements de plusieurs millions de francs, sans oublier la production supplémentaire d'électricité qu'ils apportent dorénavant.

Les quatre exemples d'études préalables ci-après concernent des projets non encore réalisés. Ils donnent un aperçu des possibilités multiples d'utilisation de la force hydraulique à un niveau local.

Twannbach – Une centrale hydraulique par tradition

La rivière Twannbach draine le flanc sud du Chasseral et débouche à Douane (Twann) dans le lac de Biene. Un moulin y était placé jusqu'en 1908 ; par la suite, il a été remplacé par une installation à turbine. Une étude préalable a analysé la possibilité de profiter à nouveau de la force hydraulique à cet endroit. La hauteur de chute de 48 m et un débit de 250 L/s (surtout en hiver) permettent d'obtenir une puissance nominale de 60 kW. Une partie des supports de la

conduite forcée pourraient être réutilisés et le bâtiment des machines pourrait être intégré à l'ancien emplacement. Les demandes de concession et de permis de construire seront présentées début 2003. Il est prévu d'installer une turbine à impulsion radiale à aubes, de type Ossberger.

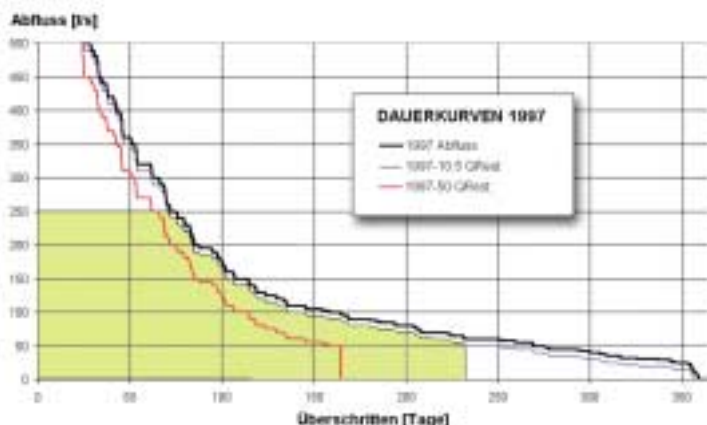
Canal Kett – La redécouverte d'un palier

Le canal Kett à Einsiedeln existe depuis plus de 150 ans. Son eau provient de la rivière Alp. À l'origine, il était utilisé sur trois

Une turbine Francis permettrait de continuer à utiliser l'énergie du canal Kett à Einsiedeln, si bien intégré au paysage.
(Photo : Eco Power Systems SA)



Variations du débit du Twannbach : on envisage une plage utile de 250 à 50 L/s pendant plus de 200 jours par an.
(Photo : R. Hunziker)



Documentation:

- Étude préalable : *Kleinwasserkraftwerk Twannbach* ; Dr R. Hunziker ; N° ENET 220155
- Rapport final : *Kleinwasserkraftwerk Kett Einsiedeln* ; Eco Power Systems SA, Zoug ; N° ENET 210322
- Projet de concession : *Stauanlage Buchholz an der Glatt* ; Entec SA, St-Gall, Peter Eichenberger ; N° ENET 210323
- Étude d'un avant-projet : *Dotierkraftwerk Stroppel* ; Proma Energie SA, Untersigenthal ; Auteurs: Hydrelec AG für Energietechnik N° ENET 220154

paliers. La nouvelle centrale électrique est prévue dans la partie médiane où la différence de hauteur est d'environ 7 m. Le débit moyen est de l'ordre de 430 L/s pendant environ 250 jours par an. Le canal Kett est intégré au paysage local et ne sera pas modifié par le nouveau projet. Seule l'ancienne conduite forcée sera remplacée par un nouveau tracé. Une turbine Francis à arbre horizontal et à réglage simple y sera installée avec un alternateur asynchrone.

Glatt – Un vieux barrage prêt à être exploité

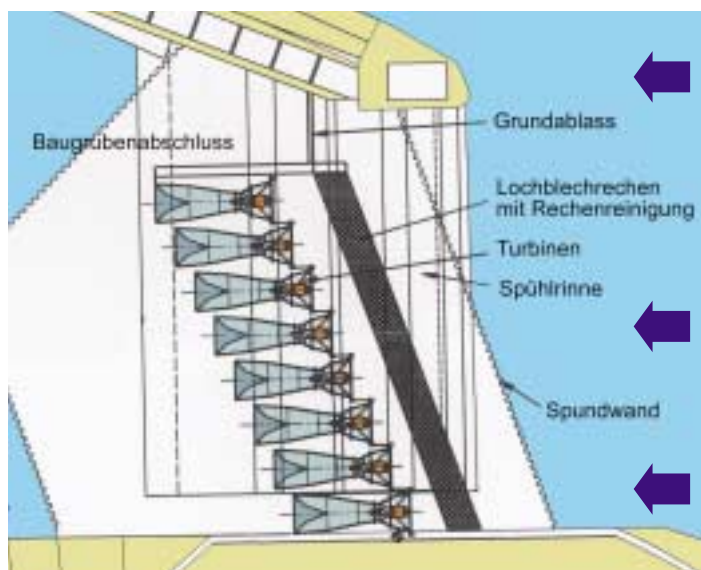
La frontière communale entre Flawil et Gossau passe au beau milieu du barrage de Buchholz sur la Glatt. Ce barrage étant situé sur l'un des meilleurs sites pour petits aménagements hydroélectriques du Canton de St-Gall, la possibilité d'y construire une centrale électrique a été envisagée – dans le cadre de réflexions sur l'opportunité d'une démolition ou d'une rénovation. Le barrage datant de 1892 ne mesure que 15 m de haut. Il est situé sur un pertuis de la Glatt. Le fond du lac est fortement ensablé et a été peuplé au cours des années par divers animaux,



Le barrage en béton de Buchholz avec sa décharge de fond et son déversoir de crues latéral est presque entièrement recouvert de végétation.
(Photo : Entec SA)

dont des castors. C'est pourquoi la démolition du barrage aurait de graves répercussions. L'intégration d'une centrale électrique pourrait utiliser la déclivité existante sans conduite forcée ni grande intervention sur l'environnement naturel. Ici, nul n'a besoin de se préoccuper de débit résiduel, car la centrale pourrait être construite dans le mur du barrage qui doit être rénové. Les travaux de rénovation et la construction de la centrale pourraient très bien être combinés. On compte sur un débit d'eau qui pourrait être de 1 m³/s pendant 140 jours par an et sur un fonctionnement à plein régime (1,2 m³/s) qui pourrait avoir lieu pendant 75 jours. Il est prévu d'installer une grille en tôle perforée pour la prise d'eau; des variantes de turbine s'offrent à choix.

Le débit résiduel du palier Stroppel, dans le "Château d'eau" de l'Argovie, pourrait être doublé à l'occasion de la rénovation de la centrale utilisant ces eaux.
(Plan : Hydrelec SA)



Limmat – Assurer les débits résiduels

La région située au confluent de l'Aar, de la Reuss et de la Limmat est industrialisée depuis le milieu du dix-neuvième siècle. De nombreuses prises d'eau, sous forme de déversoirs latéraux et de canaux pour l'utilisation de la force hydraulique, en témoignent encore aujourd'hui. Les installations de barrage prévues pour assurer les débits résiduels sont délabrées. Cela est également vrai pour l'installation Stroppel à Untersiggenthal. Dans ce dernier cas, la rénovation nécessaire pourrait être combinée avec la reconstruction d'une centrale électrique utilisant le débit résiduel, ce qui permettrait en même temps de doubler celui-ci jusqu'à atteindre les 20 m³/s. L'étude de l'avant-

Liens Internet

Informations sur l'exploitation de la force hydraulique à l'aide de petits aménagements hydroélectriques
www.smallhydro.ch
www.infoenergie.ch

L'Association des usiniers romands ADUR
www.iskb.ch

Laboratoire de mini-hydraulique de Montcherand MHylab
www.ambios.ch/mhylab

projet a permis, d'une part, de prendre connaissance des conditions géologiques de l'endroit et, d'autre part, d'envisager divers types de turbines. Avec une puissance installée de 350 kW, cette nouvelle quantité d'eau utile, plus importante, et une déclivité brute moyenne de 2,2 m permettraient de produire annuellement env. 2 millions de kWh. Les turbines passées en revue sont les petites turbines standard, une roue à aubes d'un type particulier, une turbine Kaplan verticale à siphon et différents modèles de turbines bulbes. Puisqu'il est souhaitable que la présence de la centrale utilisant le débit résiduel soit discrète et qu'un type de turbine éprouvé y soit installé, la préférence a été donnée aux turbines bulbes.



Mieux intégré que jamais

Le programme de l'AIE pour l'intégration du photovoltaïque au bâtiment a fourni des résultats et expériences de valeur

Daniel Ruoss

Chef de projet
Enecolo SA
CH-8617
Mönchaltorf

Stefan Nowak

Chef du programme
"Photovoltaïque"
de l'OFEN
c/o Nowak Energie
& Technologie SA
CH-1717 St-Ursen

Urs Wolfer

Responsable du
domaine "Techno-
logies solaires"
à l'OFEN

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) s'occupe, en tant qu'agence indépendante de l'OCDE, de la politique énergétique de divers pays, de l'assurance de l'approvisionnement en énergie et des changements climatiques. Elle constitue également un cadre pour plusieurs programmes de recherche, dont le programme "Photovoltaic Power Systems (PVPS)". Au sein de ce programme, ont déjà été formulés neuf projets qui sont en cours de réalisation par des experts des divers États membres. Les nouvelles expériences et résultats de deux de ces projets sont maintenant disponibles.

Tâche 5 : L'intégration au bâtiment d'installations raccordées au réseau

Ce projet s'occupe d'installations photovoltaïques raccordées au réseau (spécialement dans le domaine de la basse tension). La puissance typique des installations varie entre 1 et 100 kW_c. L'étude a porté tant sur les installations PV intégrées à des bâtiments que sur les installations PV décentralisées, connectées au réseau.

Huit rapports ont été réalisés en tout. La liste synoptique peut être consultée sur le site www.photovoltaic.ch. Durant la première phase (de 1993 à 1999), la Suisse a été représentée par la société Enecolo SA de

Mönchaltorf. Pour la période de prolongation (de 1999 à 2001), le Service de l'électricité de la Ville de Zurich a assumé le rôle d'expert.

Des résultats convaincants et précieux ont pu être élaborés, aussi bien dans la coupure du raccordement au réseau que dans la diffusion future à grande échelle du photovoltaïque au sein du réseau interconnecté. La probabilité de rencontrer des coupures du raccordement au réseau dans la pratique est toutefois minime. Pour détecter des pannes de secteur, il faut par conséquent se contenter des dispositifs de protection bien connus, robustes et bon marché, tels que la surveillance de la tension et de la fréquence. La coupure du raccordement au réseau ne représente donc plus un facteur technique limitant l'expansion du photovoltaïque dans les zones urbaines à forte densité (soit une charge de l'ordre de grandeur du MW).

Les effets d'installations PV dans un réseau basse tension sont réduits puisque charge minimale et production PV coïncident rarement. Pourtant, le réseau doit être réétudié à temps pour qu'une pénétration du PV plus importante, de l'ordre de plusieurs MW_c, et en association avec d'autres producteurs décentralisés d'énergie, soit possible. À court terme, quelques modifications simples permettraient d'augmenter la capacité photovoltaïque admissible dans un réseau basse tension. À long terme, il faudra tout de même élaborer une caractéristique de consommation flexible et individuelle (*Demand side management*). Cette solution éliminera automatiquement d'éventuelles limites supérieures de puissance dans un réseau basse tension.



Un exemple d'intégration au bâtiment à l'Université technique de Munich.

Une structure cubique imposante à toiture photovoltaïque: Discovery Science Solar Cube, à Santa Anna, USA.



Liens Internet

Informations sur le programme photovoltaïque "PVPS" de l'AIE, ainsi que sur les Tâches 5 et 7

www.iea-pvps.org

Le nouveau site suisse consacré au photovoltaïque

www.photovoltaic.ch

Tâche 7 : Le photovoltaïque dans le bâtiment

Ce projet a été subdivisé en quatre secteurs:

- Sous-tâche 1 : Architecture des systèmes PV dans le bâtiment
- Sous-tâche 2 : Technologies des systèmes
- Sous-tâche 3 : Limites non techniques
- Sous-tâche 4 : Démonstration et diffusion des résultats; expériences.

Pour la Suisse, la société Enecolo SA a pris en charge la direction de la Sous-tâche 2, tandis que le LESO de l'EPFL était responsable du *Demosite* à Lausanne.

Deux ateliers, deux conférences, un concours de *design* et la présentation de divers rapports ont permis la présentation de tous les résultats collectés à un public ciblé (architectes, urbanistes, ingénieurs et concepteurs-projeteurs PV). Avec, par exemple, le livre de 200 pages intitulé "*Designing with Solar Power*", qui présente une bonne introduction à l'utilisation du photovoltaïque dans le bâtiment. Ce volume, à paraître début 2003, offre de précieuses indications et encourage le lecteur à réaliser ses propres ambitions, cela au travers d'exemples pratiques déjà réalisés et à l'aide de nombreuses informations.

Ce projet a fourni d'autres résultats importants, tels que la banque de données www.pvdatabase.com, qui présente – au niveau mondial – plus de 300 installations "BIPV" (PV intégré au bâtiment) et plus de 100 technologies de système pour l'application du photovoltaïque dans le bâtiment. D'autre part, la société NET SA de St-Ursen a également réalisé une étude sur les potentialités du photovoltaïque dans les bâtiments dans les pays de l'AIE concernés. Elle calcule, en fonction de la consommation d'énergie et du nombre de bâtiments, les taux de couverture potentiels du PV intégré au bâtiment.

Tous les rapports et ouvrages disponibles sont énumérés dans la liste synoptique du site www.photovoltaic.ch.

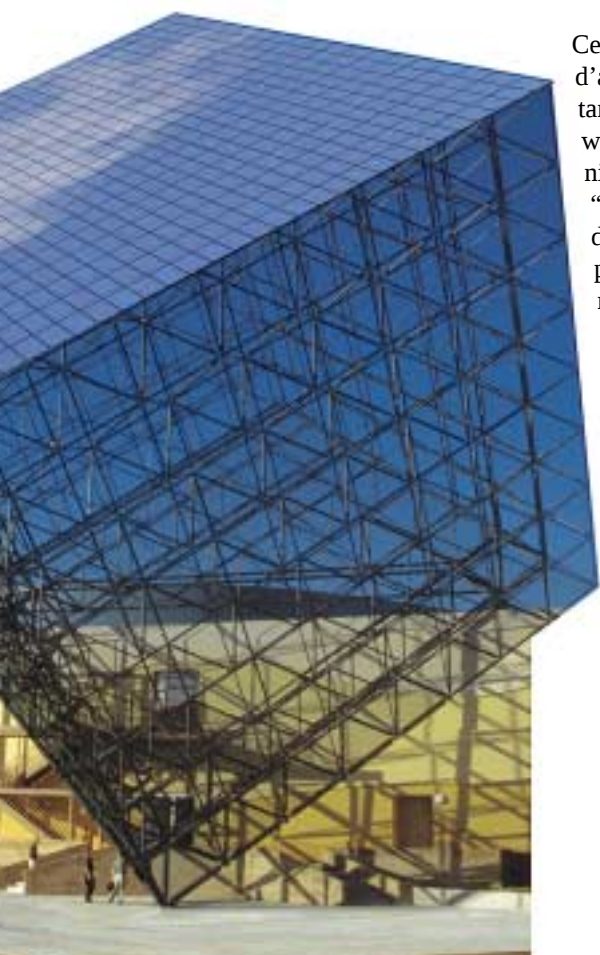
Deux projets avec des activités couronnées de succès

Dans les deux Tâches, les buts recherchés ont été atteints et un excellent matériel d'information a été



Naissance de la banque de données "PVPS" pour des projets intégrés au bâtiment.

créé. Grâce à la longue expérience suisse en matière de "Photovoltaïque dans le bâtiment", les expériences acquises dans ce domaine ont pu être communiquées aux deux groupes de travail du projet. Cet avantage en matière de connaissances a permis à la Suisse de s'impliquer à fond dans ces projets de l'AIE. Les résultats et les expériences acquises lors des Tâches 5 et 7 vont en outre donner des impulsions précieuses en Suisse. Il est important que des ingénieurs, concepteurs-projeteurs PV et architectes puissent se baser sur des connaissances à jour, au niveau international également, de façon à appliquer le photovoltaïque dans le bâtiment, de manière décentralisée et correcte, tout en tenant compte de l'esthétique.



Durabilité dans la construction également

Le développement de nouveaux matériaux et standards de bâtiment ouvre la voie à la construction durable

Le programme de recherche de l'OFEN intitulé "Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment" est coordonné et pris en charge par Andreas Eckmanns (OFEN), responsable du domaine, et Mark Zimmermann (LFEM/EMPA), chef du programme.

Que pensez-vous de la situation actuelle en ce qui touche les activités de recherche et de mise en œuvre dans le domaine du bâtiment ?

Mark Zimmermann : Le secteur du bâtiment continue à offrir de grandes potentialités en matière d'économies d'énergie. Quiconque prétend que la recherche énergétique n'apporte que des améliorations minimes et qu'elle n'est donc plus nécessaire, fait fausse route. Au contraire, la recherche énergétique se concentre aujourd'hui toujours plus sur les améliorations capables de

réduire de façon massive la consommation d'énergie des bâtiments. Avec une consommation d'énergie réduite de 80% par rapport aux maisons de type traditionnel, les

"Nous constatons combien il est urgent d'appliquer rapidement des standards de bâtiment d'efficacité énergétique élevée."

Mark Zimmermann

maisons dites passives démontrent que de tels objectifs ne relèvent pas de l'utopie. Vers la fin de l'an 2002, le programme de recherche lancera un concours sur la rénovation de type "Maison passive" afin d'élargir ces concepts aux bâtiments existants.

Andreas Eckmanns: Tandis que plusieurs acteurs travaillent assidûment à des sujets liés à la recherche, les Cantons sont responsables – en tant que partenaires importants du Programme SuisseEnergie – de l'application au domaine du bâtiment. Il faut reconnaître ici que les différences habituelles dues au fédéralisme existent bel et bien. Nous nous attendons à ce que des exemples encourageants, tels que l'introduction vigoureuse du standard Minergie dans les Cantons de Berne, Zurich et Thurgovie, fassent rapidement boule de neige. Actuellement, les efforts doivent encore porter sur une plus large application de la norme SIA 380/4 "L'énergie électrique dans le bâtiment", ainsi que sur le domaine de la rénovation des bâtiments.

Quels sont vos principaux sujets de recherche ?

Centre pour l'énergie et le développement durable

Le Centre pour l'énergie et le développement durable dans le bâtiment (ZEN) encourage une utilisation rationnelle et intelligente de l'énergie et des développements durables. Il s'occupe de l'emploi de ressources matérielles et énergétiques renouvelables, ainsi que de la protection de l'environnement. La priorité est donnée à la recherche appliquée et au développement, à la solution de problèmes rencontrés par des clients et à la transmission de connaissances. Le ZEN est composé des Hautes Écoles spécialisées de Muttenz (FHBB/IfE), Bienne (SH-Holz), Rapperswil (HSR), Lucerne (HTA) et Winterthur (ZHW). Il est placé sous la direction du LFEM/EMPA de Dübendorf.

www.empa.ch/zen

*Mark Zimmermann
(à gauche) et
Andreas Eckmanns
dirigent le domaine
de recherche et de
démonstration
"Utilisation ration-
nelle de l'énergie
dans le bâtiment".*



Mark Zimmermann : À l'heure actuelle, nous partons de l'idée que le standard "Maison passive" aura une profonde influence sur le développement des composants, des appareils et de la technique de construction. C'est pourquoi nous participons aux développements correspondants, dont les prin-

cipaux sujets sont une enveloppe de bâtiment bien isolée thermiquement, la ventilation mécanique douce avec une récupération de chaleur efficace et un approvisionnement basé autant que possible sur les sources d'énergie renouvelables. Un grand pas vers de nouveaux systèmes d'isolation sera prochainement l'utilisation de panneaux isolants sous vide (PIV), par exemple. Le développement de ces derniers et leur introduction sur le marché, tant national qu'international, doivent être accompagnés d'efforts au niveau de la recherche et du développement.

Andreas Eckmanns : Par notre engagement au bénéfice du projet *Swiss Energycodes* de la SIA, ayant pour objectif la mise à jour et l'harmonisation des normes touchant l'énergie et les installations techniques du bâtiment, nous souhaitons souligner l'importance de bases communes au niveau

“Par notre soutien apporté à l'harmonisation du recueil des normes, nous confirmons l'importance de bases communes, valables pour toute la Suisse.”

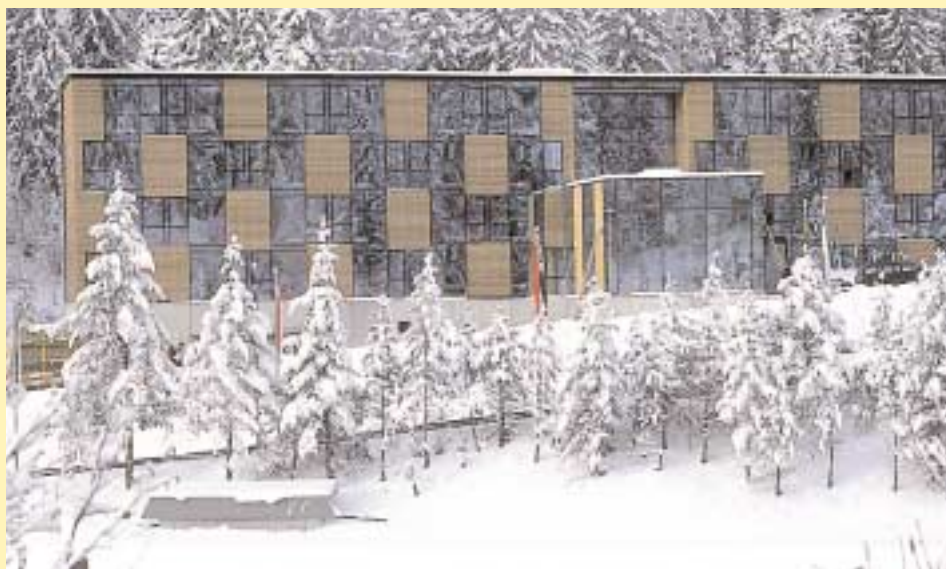
Andreas Eckmanns

national pour l'étude de constructions énergétiquement efficaces et durables, et en soutenir la réalisation.

Comment le public peut-il être informé plus largement des connaissances acquises par la recherche ?

Andreas Eckmanns : La mise en œuvre par le biais des projets-pilotes et de démonstra-

Mark Zimmermann: En fin de compte, les bâtiments d'efficacité élevée doivent s'imposer, pour la simple raison qu'ils sont meilleurs que les types traditionnels. C'est notre seul cheval de bataille pour convaincre en cette période où l'énergie est bon marché et abondante. Prenons l'exemple des maisons dites passives: elles sont bien chaudes pendant toute l'année et offrent un climat intérieur agréable sans chauffage central. Non seulement, elles consomment moins d'énergie et ménagent l'environnement, mais elles offrent encore une qualité de construction nettement meilleure. À côté de cela, les constructions classiques, avec chaufferie, ont l'air un peu désuet. Par le soutien de projets de démonstration ouvrant des perspectives nouvelles, nous pouvons enthousiasmer pour ces nouvelles technologies les milieux intéressés de la population, soit les concepteurs-projeteurs, les maîtres d'ouvrage et les habitants. Cela nous permet, parallèlement, de créer un marché modeste pour les développements correspondants et pour les produits y relatifs, et cela nous donne encore l'occasion de faire connaître ces nouvelles techniques auprès des installateurs et des artisans du bâtiment.



Une enveloppe de bâtiment bien isolée thermiquement conduit à une meilleure efficacité énergétique et à des émissions de CO₂ réduites.

(Photo: Minergie)

Liens Internet

Programme de l'OFEN pour la recherche et pour les installations pilotes et de démonstration "Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment"
www.empa-ren.ch

tion a fait ses preuves; les articles publiés dans des revues spécialisées indépendantes et dans des journaux nous le confirment régulièrement. La création d'activités supplémentaires devrait à l'avenir pouvoir intensifier la communication avec le public intéressé. L'étape suivante consistera en la présentation des développements novateurs de produits issus de notre programme de recherche, entre autres, à notre stand, lors de la prochaine "Swissbau 03", dans le cadre de l'exposition spéciale "City Lifting", conjointement avec l'Office fédéral du développement territorial (ODT), sur le sujet du "Développement durable des quartiers".

Swiss Energycodes

Dans le cadre du projet "Swiss Energycodes", la mise à jour et l'harmonisation du vaste recueil, parfois confus, des normes SIA pour l'utilisation de l'énergie et pour les installations du bâtiment sont en cours. La norme SIA 380/4 "L'énergie électrique dans le bâtiment" est l'une de ces normes. Depuis l'élargissement de son champ d'application, elle concerne *grosso modo* 48% de la consommation d'électricité en Suisse, c'est-à-dire environ 25'000 GWh par année. La norme inclut non seulement la consommation des installations techniques d'éclairage, de ventilation et de climatisation, mais s'applique dorénavant également aux appareils ménagers et de bureau.

www.energycodes.ch
www.sia.ch
www.380-4.ch
www.snv.ch

Développer durablement les quartiers

La collaboration entre l'OFEN et l'ODT permet de combiner l'aménagement du territoire et une efficacité énergétique élevée

Jusqu'à présent, les milieux intéressés aux techniques énergétiques se sont presque exclusivement préoccupés de bâtiments individuels, ayant pour principaux centres d'intérêts l'isolation thermique et l'utilisation rationnelle de l'énergie. Mais pour assurer le développement durable de quartiers entiers, quelques bâtiments à basse consommation d'énergie ne suffisent pas. En collaboration étroite avec l'Office fédéral du développement territorial (ODT), divers objectifs ont été formulés afin de servir de base à des projets de recherche adaptés.

Une collaboration fructueuse entre les offices fédéraux

Depuis le début de l'an 2000, l'ODT fait partie du DETEC. S'il s'est, dans un premier temps, occupé de l'aménagement du territoire, il a également pris en charge, depuis peu, la coordination des transports et le développement durable. L'anticipation et la planification représentent les stratégies principales pour le développement du territoire et des transports en Suisse. Au sein de l'ODT, on élabore les bases dans ces domaines et on prépare les moyens de communication nécessaires. Dans ce cadre, il est important de prendre en considération

les points de rencontre des trois thèmes principaux "territoire", "transports" et "développement durable".

C'est ici qu'intervient la collaboration entre les deux Offices fédéraux OFEN et ODT, qui – avec l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) – ont fait leur première apparition publique

Un exemple de développement de quartier à Genève: en couvrant la ligne de chemin de fer, on a créé une aire servant à remédier à des déficits d'infrastructure.



permettent de consommer peu d'énergie sont étudiés parallèlement. D'autre part, sont également examinées les questions liées aux systèmes énergétiques et à une mobilité qui protège les ressources et produit le moins d'émissions possible.

La Confédération s'occupe de plus en plus des agglomérations et formule des straté-

commune il y a un an, lors de la déclaration sur la définition des objectifs stratégiques en matière d'utilisation de l'énergie éolienne.

En matière de développement durable des quartiers, il s'agit de soutenir des projets-modèles concrets. Il est prévu d'effectuer des analyses de grands ensembles en ordre contigu, situés dans les zones urbaines, avec toutes les conditions-cadres sociales, économiques et écologiques que cela comporte. Comment développer durablement des zones urbaines nécessitant des rénovations? Comment y améliorer l'efficacité énergétique et pousser les habitants à adopter un comportement qui tienne compte de l'énergie?

Les réhabilitations énergétiques devraient au moins atteindre le standard Minergie et permettre conjointement une revalorisation des bâtiments. Les aspects liés à la structure du territoire et les formes d'habitation qui



Liens Internet

Informations sur le programme "Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment": on peut trouver des informations sur le projet "Développement durable des quartiers" dans "Ausschreibung 2002-2003 / Appel d'offres 2002-2003".
www.empa-ren.ch

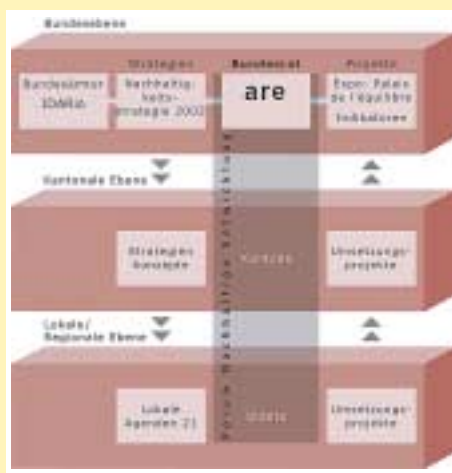
Une vue d'ensemble de l'Office fédéral du développement territorial (ODT). L'ODT sert aussi de plate-forme de coordination de la Confédération pour la politique du développement durable en Suisse.
www.are.ch

gies politiques dans ce sens. Pour l'ODT, cela signifie développer de nouveaux moyens et créer de nouveaux modèles de collaboration utiles à une politique urbaine. L'ODT forme – en tant qu'office "transversal" du DETEC, c'est-à-dire chargé de tâches interdisciplinaires – un catalyseur qui soutient l'interconnexion thématique des offices et qui place toujours la durabilité au premier plan. Il en résulte des instruments de travail qui devraient simplifier la planification énergétique des Cantons et des Communes. Ils favoriseront aussi la définition d'objectifs en ce qui concerne les agents énergétiques, les moyens de transport, etc.

D'après les dernières études de l'ODT, environ 100'000 km sont parcourus en moyenne chaque minute sur les routes suisses et 4,4 millions de véhicules immatriculés sont employés à cet effet. Le développement et le calcul de modèles de circulations, l'évaluation des émissions de polluants atmosphériques et de la consommation d'énergie acquièrent donc une importance primordiale.

Une meilleure pratique est également applicable au développement du territoire

On trouve de remarquables exemples de développement de quartiers dans diffé-



En tant qu'office "transversal" du DETEC, l'ODT développe de nouveaux moyens et modèles de collaboration qui peuvent être utiles à une politique urbaine durable.

rentes villes. Des mesures d'aménagement du territoire ont eu une influence directe et ont permis une transformation des quartiers et une gestion des transports dans le sens de la durabilité. À Genève, la mise en place d'une couverture sur la ligne de chemin de fer entre les deux quartiers de Saint-Jean et des Charmilles a permis de créer une superficie de 20'000 m². Cette surface a été utilisée pour remédier à des déficits d'infrastructure. Elle est maintenant occupée par divers bâtiments et espaces verts pour les besoins locaux (par exemple, un centre de quartier, une bibliothèque, etc.). Le nouveau terrain est ainsi devenu un élément de liaison entre les quartiers résidentiels avoisinants.

À Saint-Blaise et à Hauterive, près de Neuchâtel, l'aménagement global du territoire a permis d'intégrer la nouvelle route nationale A5 à la zone riveraine du lac de Neuchâtel et de réaliser ainsi des espaces de loisir pour la population locale. La rive et les quartiers de la ville sont maintenant reliés entre eux et valorisés.

Toutes les conditions-cadres sociales, économiques et écologiques, c'est-à-dire celles de la durabilité, doivent être analysées avant de pouvoir développer les quartiers de manière durable. Exemple : centre commercial et de loisirs à Berne. (Figures: Office fédéral du développement territorial ODT)

brenet – Un réseau de compétences

La Confédération – par le Département fédéral de l'économie – est en train de définir les réseaux de compétence nationaux des Hautes Écoles spécialisées. Entre-temps, le réseau "brenet" a déjà obtenu cette reconnaissance dans le domaine de l'énergie. Le nouveau réseau pour la technique interdisciplinaire du bâtiment et les sources d'énergie renouvelables *brenet* (*building and renewable energies network of technology*) réunit plusieurs Hautes Écoles spécialisées, le LFEM/EMPA, la SUPSI (*Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana*) ainsi que le Centre écologique de Langenbruck. Ainsi la coopération et la collaboration au niveau des projets avec des Hautes Écoles spécialisées et des instituts de recherche sont, par la même occasion, confirmées et renforcées. Cette collaboration existe déjà depuis des années dans le domaine de l'énergie et de la construction.

C'est le Centre interdisciplinaire de Technique du bâtiment (ZIG) de la HES de Lucerne qui se charge de la coordination de *brenet*, qui lui s'occupe à son tour des contacts entre les partenaires nationaux et internationaux, avec les Écoles, les spécialistes du bâtiment et les organisations sans but lucratif.

www.brenet.ch

Études postgrades "Énergie + Bâtiment" avec *brenet*

Ces études postgrades en cours d'emploi, destinées aux spécialistes du bâtiment et de ses installations techniques, sont caractérisées par une structure modulaire. Récemment, divers cours ont débuté: cours postgrade (CPG) "Énergie + Bâtiment", à Winterthur et Coire, CPG "Gebäudetechnik" à Lucerne et CPG "Facility Management" à St-Gall. Le cours CPG "Rénovation des bâtiments et énergie" a lieu en Suisse romande et durera jusqu'en février 2003. Le cycle d'études postgrades est le partenaire du réseau de compétences *brenet*.

www.en-bau.ch



Accompagner le PIV sur le marché

Le groupe de travail “vip-bau.ch” coordonne les activités de recherche et les projets appliquant l’isolation sous vide

L’isolation thermique d’un bâtiment doit être choisie en fonction de l’efficacité énergétique désirée. Au cours des dernières années, cette constatation a été à l’origine du développement de fenêtres présentant une conductibilité thermique fortement réduite. Mais le pas vers les maisons à basse consommation d’énergie n’a pu être franchi que lorsque l’isolation thermique des murs a pu également être améliorée, entraînant des constructions de paroi de gran-



Les panneaux isolants sous vide (PIV) représentent une étape importante dans le développement de systèmes isolants de haute performance.

de épaisseur, compte tenu des couches isolantes nécessaires.

Isoler à épaisseur réduite

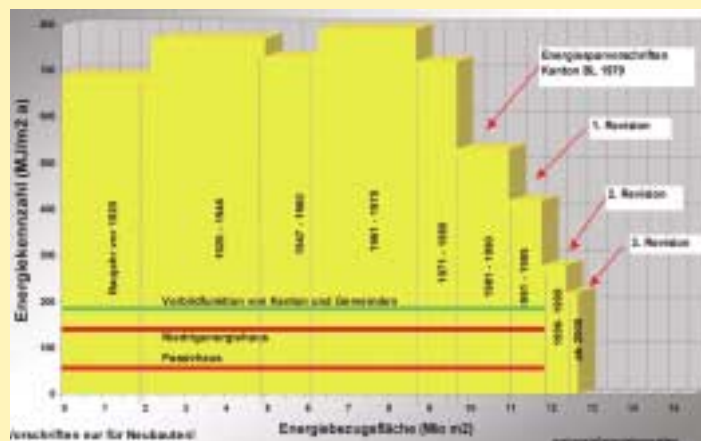
Les *panneaux isolants sous vide* (PIV) représentent une étape importante dans le développement de systèmes isolants de haute performance. Avec une épaisseur nettement inférieure à celle des panneaux utilisés jusqu’ici, ce type de panneau peut déjà atteindre la résistance thermique désirée. Il est donc adapté à de nombreuses utilisations dans le domaine de l’isolation thermique des bâtiments.

L’OFEN a lancé le groupe de travail “vip-bau.ch” avec deux idées en tête: soutenir et coordonner la recherche et le développement au niveau national, d’une part, et exploiter les potentialités de cette nouvelle technologie de manière optimale, tout en assurant une introduction sur le marché sans panne technique, d’autre part. Le Consortium “vip-bau.ch” est composé du LFEM/EMPA (Département de Physique du bâtiment, Dübendorf), de la Haute École spécialisée des deux Bâle (Institut d’énergétique, IfE) et de l’entreprise Dr. Eicher + Pauli SA. Les tâches sont subdivisées en plusieurs secteurs: recherche et méthodes d’essai, travaux de développement de projets P+D, direction et promotion technique. Parallèlement, le Consortium a également pris la direction d’un projet du programme de l’AIE dénommé “High Performance

quelle on ajoute un opacifiant, puis le tout est mélangé et pressé en plaques. Un matériau central à base d’aérogel microporeux est également en voie de développement. La feuille enveloppante est en matière plastique multicouche métallisée. Le panneau doit à sa mise sous vide ses caractéristiques isolantes spécifiques et la stabilité mécanique nécessaire. Par conséquent, les aspects les plus critiques sont l’étanchéité aux gaz atmosphériques de la feuille qui peut souffrir d’endommagements au cours de la fabrication et du montage, ainsi que la résistance de l’enveloppe au vieillissement.

Les travaux de recherche ont pour objectifs de définir les bases des méthodes d’essai et des standards, d’une part, et de débattre de sujets liés à l’application de cette technique afin de bien utiliser des modèles de calcul

Les indices élevés de dépense d’énergie des bâtiments anciens, à l’exemple du Canton de Bâle-Campagne, indiquent que la rénovation à l’aide de PIV jouit de grandes potentialités.



Thermal Insulation Systems – HiPTI”, projet qui s’occupe de collaboration internationale en matière de questions fondamentales, de développement de systèmes, ainsi que d’échanges d’expériences.

Les *panneaux isolants sous vide* sont composés d’un matériau central microporeux et d’une enveloppe nécessaire au maintien du vide. En cela, ils utilisent le même principe physique que les thermos isolés sous vide. En général, pour le matériau central, on emploie de la poussière d’acide silicique à la-

et de pouvoir décrire des constructions types, d’autre part. Il reste en outre à tester d’autres fonctions pour les PIV, fonctions qui aujourd’hui sont encore remplies par les matériaux isolants, comme la protection contre le bruit et celle contre l’incendie, ainsi que la sécurité d’utilisation sur les chantiers.

Les PIV peuvent surtout être utilisés là où la place est restreinte, où l’espace est particulièrement onéreux ou encore dans des endroits où il est impossible de placer des



Les avantages de la nouvelle technique PIV sont évidents lorsqu'on compare les épaisseurs de matériaux isolants traditionnels et celles des PIV.

isolations de grande épaisseur. Ils peuvent donc être appliqués aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur. Enfin, leur utilisation peut également être envisagée pour des réservoirs d'eau chaude, des réfrigérateurs, etc.

S'imposer dans le domaine de la rénovation

Beaucoup d'importance est également attribuée à l'intégration dans les éléments de construction, afin de garantir une utilisation simple et sûre; cela devrait permettre de construire des maisons à basse consommation d'énergie dans lesquelles l'épaisseur des parois serait nettement inférieure à la pratique usuelle. Étant donné qu'une grande partie des bâtiments existants en Suisse devra être rénovée, on estime que, dans les années à venir, les PIV seront surtout employés dans ce secteur.

Liens Internet

Un aperçu du groupe de travail
"vip-bau.ch"
www.vip-bau.ch

Le projet de l'Annexe 39 "High Performance Thermal Insulation Systems – HiPTI" du programme ECBCS de l'AIE
www.ecbcs.org/Annexes/annex39.htm

Descriptions de projets PIV
www.empa-ren.ch/ren/HLWD.htm
www.empa-ren.ch/ren/HiPTI_Basics.htm
www.empa-ren.ch/ren/HiPTI_Applications.htm

Construire et rénover pour demain

Une approche intégrale pour la réalisation de nouvelles constructions et de projets de rénovation

Le "Synergiepark" réunit toutes les connaissances nécessaires en matière d'énergie

L'utilisation de synergies est le principe fondamental autour duquel s'articule le "Synergiepark". Cet édifice de trois étages, affecté à l'habitation et à l'artisanat, est situé à Gams, dans le Rheintal saint-gallois. Il mise sur le standard Minergie, d'une part, avec ses critères relatifs à l'enveloppe du bâtiment pour ce qui est de l'isolation thermique et de la protection contre le bruit et, d'autre part, sur le recours combiné à l'énergie solaire et à la chaleur ambiante. En cela, il fait office d'installation de démonstration pour une entreprise spécialisée dans le chauffage.

Une conception avec des éléments passifs et des éléments actifs

Le bâtiment est constitué d'une ossature en béton et d'une enveloppe construite en éléments de bois. Le radier de fondation est isolé de la terre avec une couche de remblai

de verre soufflé de 30 cm d'épaisseur et sert également de réservoir de chaleur activement géré. Des capteurs solaires fournissent de l'énergie pour produire de l'eau chaude et pour contribuer au chauffage. Deux pompes à chaleur, dont une saumure-eau et une autre air-eau, servent d'éléments subsidiaires. Trois sondes géothermiques descendent à 90 m de profondeur et fournissent la chaleur terrestre nécessaire à la première pompe à chaleur citée. Enfin, des capteurs thermiques plans, tubulaires et de façade, ainsi qu'un générateur photovoltaïque de 5,2 kW_c sont installés sur une surface totale de 69 m².

Un plein de soleil vers le Prix solaire

Heidi et Peter Schibli ont reçu le Prix solaire 2001 dans la catégorie "Propriétaires d'installations solaires". Ce projet a également obtenu le Prix solaire européen à Berlin. L'énergie solaire couvre environ 60% de la consommation en énergie de cet édifice d'habitation, commercial et d'exposition, qui est ainsi une démonstration exem-



www.empa-ren.ch/ren/Synergiepark.htm
www.solaragency.org
www.heizplan.ch

Au "Synergiepark" de Gams, une grande partie de l'énergie est fournie par le soleil (chaleur, lumière), le sol et l'air (chaleur).

plaire des possibilités d'utilisation de cette source d'énergie.

Une barre placée très haut pour une rénovation globale

Les immeubles à plusieurs appartements de la coopérative d'habitation Waidmatt situés le long de la Wehntalerstrasse, une rue à forte circulation à Zurich-Affoltern, ont été complètement rénovés dans les années 2000 et 2001. Dans ces édifices de plus de 50 ans, le standard Minergie a pu être atteint en prenant des mesures contre le bruit, en agrandissant les logements, en installant de nouvelles salles d'eau et de nouvelles cuisines et, enfin, en posant une ventilation mécanique douce et une isolation externe. Cela a permis d'augmenter considérablement le confort des habitants.

Les mesures effectuées confirment-elles les valeurs prévues par le projet ?

Les dispositions prises ont-elles effectivement conduit à l'effet désiré ? Des mesures détaillées du système de ventilation, effectuées avec le soutien de l'OFEN, ont permis d'y apporter une réponse. Le montage



Sur plusieurs sites, différents paramètres de la qualité de l'air et de son débit ont fait l'objet d'une campagne de mesures.

d'une installation de ventilation a été un élément central de cette rénovation. Un appareil a été installé dans le grenier de chaque unité d'habitation de 12 appartements. C'est là que l'air est aspiré de l'extérieur et la chaleur récupérée de l'air extrait. Au cours de l'hiver dernier, la température et l'humidité de l'air ont été mesurées toutes les heures. La consommation annuelle d'électricité de la ventilation est de 2,53 kWh par m² de la surface de référence énergétique. Cette valeur est inférieure à la valeur

maximale recommandée de 3,5 kWh/(m²·a) (Clima-Suisse, 1998), caractérisant les bonnes installations de ventilation.

Mesure des débits d'air

Dans l'un des immeubles, toutes les ouvertures laissant passer l'air ont pu être incluses dans le programme de mesures, grâce à l'appareil "Flow Finder" pour déterminer des débits d'air, mis à disposition par le LFEM/EMPA de Dübendorf. Au départ, une grande dispersion des valeurs, ainsi que des valeurs du débit d'air généralement trop basses ont été constatées entre les divers logements. Cela demande donc l'application de mesures d'optimisation. Une enquête auprès des habitants a démontré un bilan général positif puisque l'isolation acoustique, le climat intérieur et le confort ont été améliorés.

www.empa-ren.ch/ren/Waidmatt.htm

Werner Hässig, Chef de projet
Basler & Hofmann SA, CH-8008 Zurich

"Status-Seminar": Vue d'ensemble des travaux actuels de recherche et de développement

Le traditionnel "Status-Seminar" est organisé tous les deux ans depuis 1980 et vise à présenter une vue d'ensemble des travaux de recherche et de développement en cours en Suisse. Le 12^e "Status-Seminar", qui s'est



tenu les 12 et 13 septembre 2002 à l'EPF de Zurich sur le thème "Recherche en matière d'énergie et d'environnement dans le bâtiment", a été suivi par environ 300 participants.

Dans son introduction, Mark Zimmermann, chef du programme pour l'OFEN, a affirmé que, depuis le dernier "Status-Seminar", divers événements d'actualité avaient conduit à une meilleure prise de conscience des limites dans notre interaction avec l'énergie et l'environnement. Celles-ci devraient par conséquent nous pousser vers un engagement plus marqué dans la recherche, le développement et la mise en œuvre sur le marché.

Le colloque "Construire, rénover – investir rentablement" du programme de recherche "Fondements de l'économie énergétique" a eu lieu en parallèle. Ruedi Meier, le chef de ce programme de l'OFEN, a parlé du



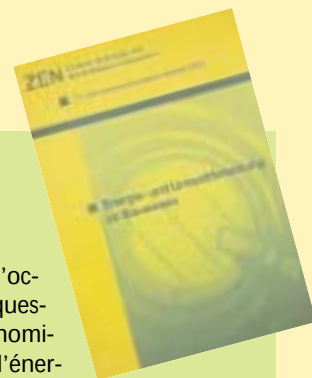
domaine dont il s'occupe, soit des questions socio-économiques relatives à l'énergie qui sont associées à cette problématique, et donc des bases offertes aux processus de décision à l'échelle nationale.

Les diverses contributions au "Status-Seminar" se trouvent à l'adresse Internet suivante :

www.empa-ren.ch/Internet-Files/Programm/Aktuelles/aktualitaeten/Status-Seminar/tagungsband_2002.htm

Le volume complet des Actes de la conférence (au prix de 60 CHF) peut être commandé chez:

zen@empa.ch



Poser les premières pierres

La politique énergétique et la compréhension socio-économique ont besoin de recherches appropriées

Le programme de recherche "Fondements de l'économie énergétique" (EWG) de l'OFEN est consacré aux questions économiques, sociales et environnementales que posent la production, l'utilisation et l'approvisionnement en énergie. Martin Beck, responsable du domaine "Fondements de l'économie énergétique", et Ruedi Meier, chef du programme du même nom, définissent des activités de recherche et en présentent les résultats.

Comment évaluez-vous la situation socio-économique dans le domaine du bâtiment ?

Ruedi Meier : Ce domaine si important pour la gestion de l'énergie est caractérisé par une multitude de facteurs contradictoires. Nous observons encore et toujours des obstacles à la pleine mise en œuvre des économies d'énergie techniquement réalisables dans le bâtiment. Un exemple: à cause de la quote-part modeste des frais énergétiques directs par rapport à la valeur globale d'un bâtiment, les

mesures visant à une meilleure efficacité énergétique paraissent marginales. Par ailleurs, il s'agit de trouver un ensemble optimum de mesures et de les faire connaître. Martin Beck : La Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE) a désigné, dans son *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération 2000–2003*, le programme "Fondements de l'économie énergétique" comme quatrième domaine principal prioritaire, parallèlement aux trois domaines de recherche techniques "Utilisation rationnelle de l'énergie", "Sources d'énergie renouvelables" et "Énergie nucléaire". Le programme EWG servira en premier lieu à la formulation d'une politique énergétique cohérente, grâce à l'élaboration de bases de décision, telles que des analyses de relations de cause à effet, ou encore des projets de supervision (*monitoring*) répondant à des questions restées en suspens, et cela aussi dans le domaine du bâtiment.

Avez-vous d'autres exemples concrets à ce sujet ?

Ruedi Meier: Des études sur les indices de dépenses d'énergie des constructions nouvelles, effectuées dans les différents

Cantons, ont donné des résultats que nous sommes en train d'analyser plus en détail, afin d'identifier les facteurs déterminants. Cela permettra aussi de tirer des conclusions sur la législation régissant le bâtiment, son application et son contrôle. De façon générale, la collecte de données dans l'ensemble des secteurs (industrie, trafic, etc.) est d'une

"Le domaine du bâtiment est caractérisé par une multitude de facteurs contradictoires."

Ruedi Meier

importance capitale. Seule une base de données solide permettra d'identifier des structures de coûts et de faire des calculs de rentabilité, ainsi que de mettre au point des outils d'aide à la conception.

Martin Beck : On se demande souvent si, du point de vue énergétique, une rénovation ne serait pas préférable à une démolition avec reconstruction consécutive. Des projets de recherche ciblés abordent notamment cette question en faisant toute la lumière sur un certain nombre de facteurs, en identifiant des critères et en explicitant des problèmes

Le livre:
"Bauen, Sanieren, wirtschaftlich Investieren"

Les exposés de la journée d'étude EWG qui s'est déroulée dans le cadre du "Status-Seminar" 2002 ont été résumés sous la forme d'un livre et donnent un aperçu des résultats les plus récents en matière d'économie énergétique dans le bâtiment. Éditeurs: Ruedi Meier, Martin Beck et Pascal Previdoli.

www.ewg-bfe.ch
Éditions Rüegger, CH-8040 Zurich
www.rueggerverlag.ch

Ruedi Meier (à gauche) et Martin Beck dirigent le programme de recherche "Fondements de l'économie énergétique" de l'OFEN et en coordonnent les activités de recherche.



Domaines de travail du programme "Fondements de l'économie énergétique" (EWG)

Données

Condition préalable à l'évaluation de la politique énergétique (indicateurs, données sur la consommation, etc.)

Perspectives

Analyse de l'évolution de l'offre et de la demande (tendances, mesures énergétiques, etc.)

Modèles

Modèles d'équilibre, de macroéconomie et de "bottom-up" (effets sur l'économie et la société, etc.)

Coûts, rentabilité

Évaluation des coûts externes des systèmes énergétiques (coût/bénéfice, etc.)

Mesures

Mise en œuvre et efficacité de mesures dans le domaine énergétique (analyses du contracting énergétique, etc.)

Marchés de l'énergie

Fondements pour la régulation des marchés de l'énergie (investissements non amortissables, service public, etc.)

Le programme "Fondements de l'économie énergétique" (EWG) de l'OFEN et ses publications

www.ewg-bfe.ch

d'actualité. Citons ici le manque d'attention accordé aujourd'hui à la croissance des flux des matériaux qui aboutissent au recyclage, suite à une augmentation probable du nombre des démolitions.

"La CORE considère le programme "Fondements de l'économie énergétique" comme un domaine prioritaire."

Martin Beck

Dans le cadre du programme EWG, la notion de durabilité joue un rôle essentiel. Comment comptez-vous la mettre en pratique ?

Martin Beck : En ce moment, tout le monde parle de durabilité, mais il règne un certain flou quant à sa définition. Toute la lumière n'a d'ailleurs pas encore été faite sur les facteurs déterminants. Aussi avons-nous consacré un projet à l'étude de la définition du concept de durabilité pour le domaine de l'énergie. Nous savons désormais mieux évaluer les corrélations et interdépendances en cause.

Séminaire d'automne

Au cœur du séminaire d'automne de fin octobre figurait l'application de Minergie aux bâtiments publics, à l'artisanat et à l'industrie. Alors que ce standard de construction a pu s'établir dans le domaine de l'habitat, un important potentiel reste à exploiter dans les bâtiments administratifs et commerciaux. Hans-Rudolf Zulliger, président de la CORE, a ouvert la conférence par un exposé sur les perspectives énergétiques. Les aspects techniques de l'étude des projets, du calcul et de l'exécution de bâtiments Minergie ont été abordés dans plusieurs exposés.

www.swood.bfh.ch

Ruedi Meier : Le nouveau projet "Vision 2050" a pour but d'aborder les développements dans le domaine énergétique de façon plus ciblée, et d'entreprendre les études servant de base à l'objectif, visé par la CORE, de 1 tonne de CO₂ par personne et par année, à atteindre d'ici l'an 2050. Le problème à résoudre est le suivant: que devons-nous entreprendre aujourd'hui afin d'atteindre cet objectif en 2050, et quelles sont les corrélations régissant les facteurs économiques, écologiques et sociaux ?



Démolition avec reconstruction consécutive ou rénovation intégrale ? Cette question est aussi abordée par des études ciblées dans le cadre du programme "Fondements de l'économie énergétique".

Rapport coût/bénéfice

Les coûts marginaux dans le bâtiment, un scénario énergétique et économique pour une utilisation plus rationnelle de l'énergie

Dans le domaine du bâtiment, l'utilisation rationnelle de l'énergie et la réduction simultanée des frais d'énergie et des émissions de polluants, sont toujours un objectif à poursuivre. Mais comment le rapport coût/bénéfice se présente-t-il en matière de construction et de réhabilitation énergétique ? L'étude "Coûts marginaux en rapport avec l'introduction accélérée de mesures d'efficacité énergétique" (*Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmassnahmen*) aborde cette question.

Analyse des coûts sur la base de l'isolation thermique des bâtiments

L'étude a porté en premier lieu sur la réduction des besoins en chaleur pour le chauffage des locaux, par des mesures d'isolation thermique, de meilleures fenêtres et une ventilation mécanique douce. Quels sont les surcoûts engendrés par une isolation thermique plus performante que la normale ? Quelles économies d'énergie et de coûts peuvent-elles découler de ces mesures ? Par exemple, on a relevé les coûts en fonction de l'épaisseur de l'isolation thermique, en s'adressant aux entreprises de la branche; il s'est avéré que la dispersion des valeurs observée aux plus grandes épaisseurs a une influence sur les coûts marginaux (coût par unité d'énergie). Une stimulation du marché permettrait de déclencher une dynamique susceptible de clarifier ici la situation, grâce à l'expérience supplémentaire acquise.

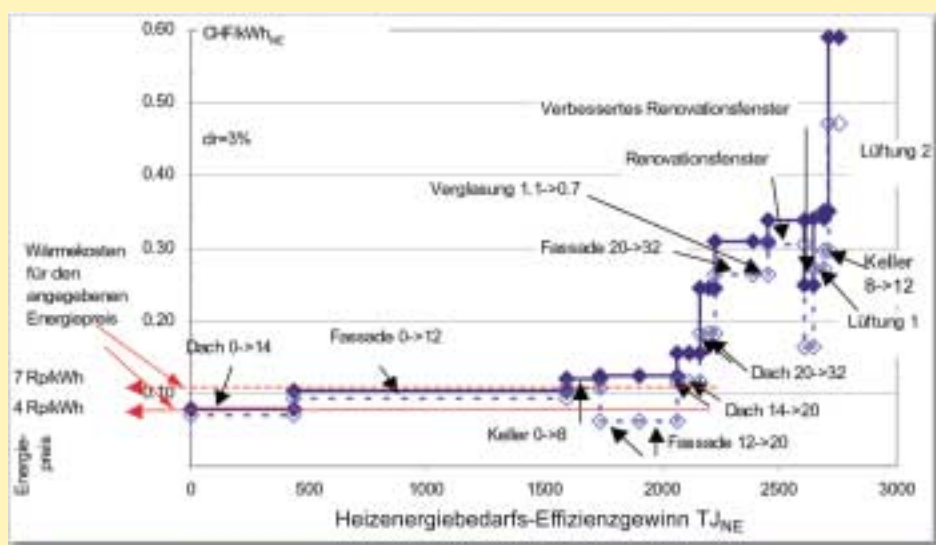
L'objectif du projet était de déterminer, en fonction de "l'intensité" de la mesure adoptée, la dépendance actuelle et future des coûts marginaux impliqués par les investissements visant à améliorer la gestion énergétique des immeubles d'habitation. Le calcul des courbes de coût marginal (rapporté à l'unité de surface de référence énergétique) sur la base de l'état actuel des connaissances, a permis de fournir des indications pour les différentes catégories de bâtiments. Pour un coût de la chaleur cor-

respondant à un prix d'achat donné de l'énergie, on décèle clairement des possibilités d'économies par l'application des mesures à disposition. Cela est valable tant pour les rénovations que pour les immeubles neufs.

Pour les promoteurs immobiliers, l'isolation thermique des immeubles relève d'une politique d'anticipation à long terme, dans la perspective de futures augmentations du prix de l'énergie. Sous l'angle de l'économie énergétique, on reconnaît que l'efficacité énergétique peut être améliorée consi-

Effets secondaires renforçant le bénéfice global

Il y a lieu de mentionner également des effets secondaires bénéfiques, tels que la protection contre le bruit, une amélioration de la qualité de l'air ambiant, etc., qui jusqu'ici n'ont guère fait l'objet d'évaluations en termes d'argent. Il en est de même pour les nouvelles conditions prévalant en matière de crédits bancaires et de demande d'appartements, toutes conditions modifiées par les mesures d'efficacité énergétique prises. Ces thèmes font l'objet d'un autre projet.



dérablement. Ces deux points de vue ne sont plus le fait, de nos jours, de quelques idéalistes seulement.

Les analyses effectuées ont, par exemple, révélé que les mesures d'isolation appliquées à des immeubles non isolés jusqu'ici sont rentables dans de nombreux cas. Dans ce contexte, il ne faut pas oublier que les prix de l'énergie et de la chaleur sont pris en compte selon des critères actuels et qu'ils sont donc à relativiser. En effet, leur évolution pendant les 20 à 50 années d'utilisation d'une isolation thermique est difficilement prévisible.

Courbe moyenne des coûts marginaux bruts pondérés du parc immobilier suisse d'habitation (seulement les villas construites entre 1900 et 1960) pour la période 2001 à 2010 considérée.

Étude:

Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmassnahmen; Martin Jakob, Eberhard Jochem, Kurt Christen, P. Stocker, CEPE, EPF Zurich; 2002.

Pour commander:

www.bundespublikationen.ch
(N° de commande OFCL 805.054)

Minergie et Maison passive: ça bouge !

Une marque commune offre des perspectives optimales pour les deux standards du bâtiment

Le standard du bâtiment "Maison passive" se répand en Allemagne et en Autriche depuis une dizaine d'années. Est-il alors raisonnable de vouloir le promouvoir dans le cadre de Minergie ? Une étude soutenue par l'OFEN a tenté de répondre à cette question, en examinant les potentialités de marché des deux standards et les stratégies à suivre qui en découlent.

Le standard Minergie actuel salué comme précurseur

Minergie est déjà bien introduit dans le secteur de l'immobilier en Suisse, bien que les différences d'une région à l'autre soient importantes; sur le marché, ce standard est synonyme de construction de qualité nouvelle. On estime aujourd'hui que 10% environ des superficies de bâtiment nouvellement construites respectent ce standard. La maison dite passive a des règles énergétiques plus strictes et elle réduit de 30% environ, par rapport à Minergie, la valeur maximale admise de consommation de chaleur (eau chaude comprise). En Suisse,

quelques douzaines de maisons ont déjà été construites suivant ce standard avancé.

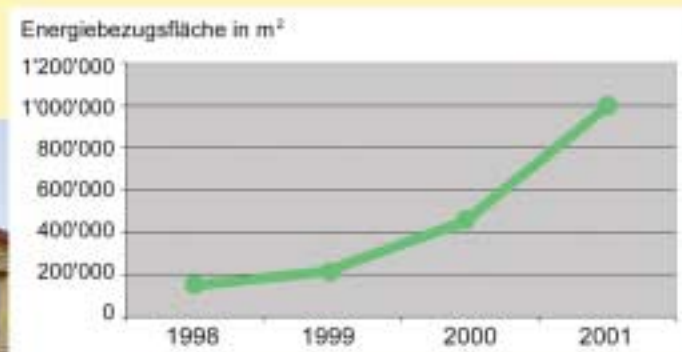
Une enquête a été réalisée auprès d'une cinquantaine de professionnels directement impliqués et d'une centaine de représentants des marchés de la construction et de l'immobilier pour analyser les chances et les risques d'une stratégie de *marketing* commune face à deux stratégies séparées. Elle a démontré qu'une stratégie de *marketing* ayant „Minergie“ comme seule marque, incluant les deux produits "Minergie standard" et "Minergie passif" présenterait des avantages. Le message affiché par Minergie "Meilleure qualité de vie, faible consommation d'énergie" est valable pour l'introduction sur le marché des deux produits: c'est un message très important.

L'état de la technique pour les constructions nouvelles et les rénovations

Les caractéristiques des deux produits devraient être clairement communiquées dans les années à venir. Les solutions tech-

niques pour Minergie font déjà partie de l'état actuel du savoir-faire et peuvent être également utilisées dans le domaine de la rénovation. Grâce au soutien des Cantons, d'une part, par la certification Minergie de bâtiments publics et, d'autre part, par les programmes de promotion, il y a de fortes chances pour que la part du marché atteigne entre 20 et 40% dans les dix années à venir.

Surtout en raison des investissements élevés qu'elle requiert (mais aussi pour d'autres raisons), les experts considèrent que le marché de la Maison passive restera modeste dans les prochaines années. Toutefois, de nombreux développements technologiques devraient voir le jour. Pour bien ancrer le concept Minergie dans la conscience publique, il faudra, en revanche, continuellement améliorer l'assurance de la qualité d'activités comme le conseil, la réalisation, la certification et l'entretien.



Le développement de Minergie en Suisse: surface de référence énergétique certifiée avec le label Minergie.

En tant que nouvelle qualité de la construction, Minergie est déjà bien introduit sur le marché immobilier suisse, malgré de différences d'une région à l'autre. (Photo: Minergie)

Étude:

Marktpotenziale und Marktstrategien für Minergie und Passivhaus (Potentialités et stratégies de marché pour Minergie et Maison passive); Sven Frauenfelder, Linder Kommunikation SA, CH-8032 Zurich.

À commander à l'adresse:

www.bundespublikationen.ch

www.minergie.ch

www.linder-kom.ch

Ils en savent bien peu

Nombreux sont les propriétaires de maisons ne connaissant que peu l'utilisation thermique de l'énergie solaire

Les propriétaires de maisons familiales sont prêts, en principe, à économiser l'énergie. Partant de ce fait, une étude soutenue par l'OFEN a cherché à savoir quel était l'état des connaissances de ce groupe cible sur l'utilisation de l'énergie solaire.

Peu d'intérêt par manque de connaissances précises

Alors qu'une petite moitié des 605 personnes interrogées avaient déjà entrepris une première réflexion quant à l'acquisition d'une installation solaire pour la préparation d'eau chaude sanitaire, ou même avaient fait des projets concrets, les autres n'avaient encore jamais abordé le sujet.

La spécificité de ces installations réside, pour ce qui a trait au côté positif, dans une

moindre dépendance des fluctuations du prix de l'énergie d'origine fossile et dans l'expression visible de la modernité. D'un autre côté, plus des deux tiers des personnes interrogées craignent des surcoûts considérables par rapport à une installation classique. En outre, la moitié a encore des doutes quant au degré de maturité de cette technique. Et finalement, c'est aussi l'aspect esthétique du montage sur le toit qui est évoqué comme argument négatif.

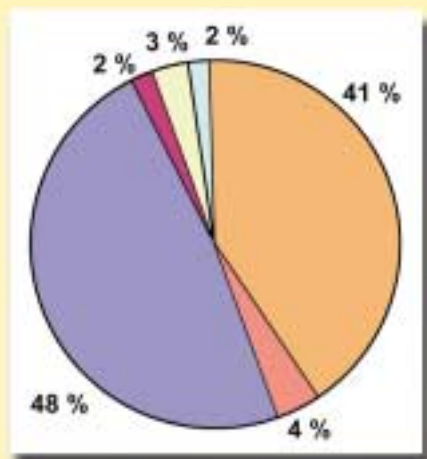
Saisir ses chances sur le marché passe par une meilleure information

C'est pourtant un fait que les installations solaires sont arrivées à maturité et qu'elles ne présentent, grâce à des solutions d'intégration, plus guère d'inconvénient esthétique. Des informations objectives sont donc demandées. Les connaissances concrètes sont généralement lacunaires, aussi bien quant à l'utilité qu'à la durée du montage et au coût des travaux d'installation. Parallèlement, l'étude a aussi confirmé l'existence d'un marché potentiel considérable. Un conseil neutre, une garantie de fonctionnement et un service professionnel sont des conditions de succès à prendre vraiment au sérieux, au même titre que lors de l'acquisition de toute installation technique du bâtiment ou celle d'un appareil ménager.

Étude: *Marktpotenziale und Markthindernisse der thermischen Solarenergie*; Frohmuth Gerheuser, POLIS Brugg.

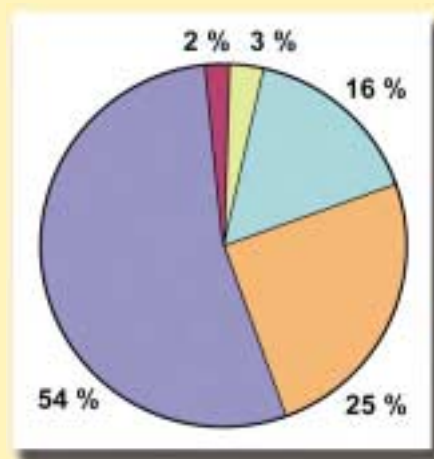
www.ewg-bfe.ch

(rubrique Rapports annuels/mesures)



Dans les ménages des propriétaires de maisons familiales, l'eau chaude sanitaire est produite de la manière suivante :

- 48% chauffe-eau électrique
- 41% chauffage central individuel
- 4% chauffage central collectif
- 3% autres moyens
- 2% installations solaires
- 2% pas de réponse.



Les propriétaires présents et futurs répondent à la question suivante: Avez-vous déjà envisagé l'acquisition d'une installation solaire ?

54% ne l'ont jamais envisagée

25% l'ont vaguement envisagée

16% l'ont sérieusement envisagée

3% l'ont fermement projetée

2% possèdent une installation solaire



Informez mieux et plus objectivement pour donner sa chance au marché potentiel considérable du solaire thermique.
(Photo: SSES)

Piles à combustible

L'avenir s'annonce

La conférence internationale *Fuel Cell 2002* a eu lieu à Lucerne du 1^{er} au 5 juillet 2002. 590 experts dans le domaine des piles à combustible, venus de 35 pays, y ont participé. Meinrad Eberle, le directeur du PSI (jusqu'en juin 2002), a fait remarquer lors de son allocution de bienvenue qu'il y a encore beaucoup de travail de développement à réaliser dans le domaine de la production d'hydrogène et de méthanol, ainsi que dans l'infrastructure pour leur distribution et leur stockage. Il a ajouté qu'il faudrait parvenir à ces réalisations futures en tenant compte de la durabilité, et sans mettre en péril la confiance mise dans les piles à combustible.

Des chercheurs suisses ont présenté divers projets relatifs à l'utilisation fixe ou mobile de piles à combustible, projets dont une partie ont été réalisés avec le soutien de l'OFEN.

Ulf Bossel, l'instigateur et l'organisateur de la conférence *Fuel-Cell 2002*, se demande si la pile à combustible se trouve à la croisée des chemins. Les diverses opérations de production, compression, liquéfaction et transport de l'hydrogène nécessitent une dépense considérable d'énergie; il est donc peu probable, dans un avenir proche, que l'hydrogène soit disponible à un prix avantageux. Même lorsque les solutions techniques pour la distribution et le stockage existent, la diffusion de piles à combustible "PEM" (à membrane-électrode en polymère) reste fort limitée. C'est pourquoi, d'une part, l'utilisation de méthanol offre de meilleures conditions et, d'autre part, l'avenir appartient probablement aux "omnivores", c.-à-d. aux types de piles à combustible dans lesquelles c'est l'oxygène atmosphérique qui réagit avec le combustible; ce qui permet de produire de l'électricité à partir de différents combustibles: on pense ici, par exemple, au type "MCFC" (à carbonate fondu) ou "SOFC" (à oxyde solide). Enfin, il deviendra vraisemblablement de plus en plus important de porter l'effort sur les systèmes considérés globalement, par exemple sur ceux qui comportent une pompe à chaleur.

Une vue d'ensemble de *European Fuel Cell Forum*

www.efcf.com

Air comprimé et économies

Des études pratiques confirment les économies d'électricité possibles

Rolf Gloor

Chef de projet
Gloor Engineering
CH-7434 Sufers

Roland Brüniger

Chef du programme
"Électricité" de
l'OFEN
c/o R. Brüniger SA
CH-8913 Ottenbach

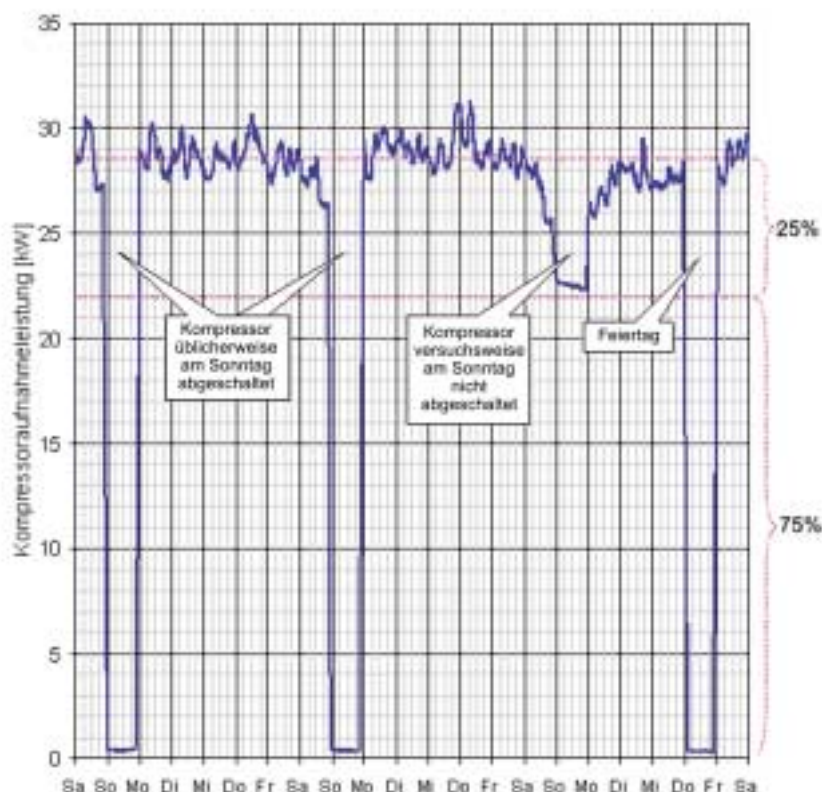
Felix Frey

Responsable du domaine
"Électricité"
à l'OFEN

Dans la majorité des entreprises de production, les installations à air comprimé font partie de l'infrastructure de base. Des études ont confirmé que des économies d'énergie électrique sont vraiment possibles dans ce domaine. Ces installations accaparent environ 1,5% de la consommation suisse en électricité. Pour les exploitations artisanales cependant, une optimisation complète du système est souvent peu judicieuse et économiquement indéfendable. Comment repère-t-on donc efficacement les kWh pouvant être économisés ? Des méthodes de détection et d'amélioration ont été testées sur deux exemples pratiques.

Dans une menuiserie avec différents consommateurs d'air comprimé, appareils et machines ainsi qu'un compresseur à vis pour la production d'air comprimé, on a procédé dans un premier temps à des mesures de la consommation d'électricité. Les 50 heures hebdomadaires de fonctionne-

La demande en puissance électrique du compresseur varie entre 27 et 31 kW. Les nombreuses fuites ont conduit à une puissance de plus de 22 kW même pendant l'arrêt de la production (le dimanche).





Beaucoup d'entreprises se servent de compresseurs à vis pour produire de l'air comprimé.

(Photo: Atlas Copco)

ment du compresseur en question laissent entrevoir d'importantes économies potentielles d'énergie. L'optimisation du niveau de pression, la commutation du régime permanent au mode "start-stop" et l'arrêt complet en dehors des heures de travail entraînerent à eux seuls une économie de courant de 35%. Un contrôle des dispositifs de distribution de l'air comprimé (séchage à froid, filtre, etc.) et différentes améliorations au niveau des postes de travail (élimination de fuites, correction du réglage des commandes, etc.) réussirent à abaisser encore davantage la consommation d'électricité.

Une autre étude s'est penchée sur le cas d'un atelier de tissage où, après une première analyse, les efforts se sont surtout concentrés sur la recherche des fuites d'air comprimé dans une halle de production. L'en-

vironnement trop bruyant empêchant de les déceler sur place, des mesures de la consommation de courant ont été nécessaires. Les fuites d'air comprimé étaient responsables de la consommation d'électricité du compresseur (environ 200'000 kWh/a) à hauteur de 75%. Cette entreprise



Installation de production d'air comprimé dans un atelier de tissage. Le compresseur à vis de 30 kW avait environ 6'500 heures annuelles de fonctionnement à son actif.

de tissage travaille en continu (3 équipes) avec notamment 120 métiers à tisser à pince qui, au fond, ne requièrent que peu d'air comprimé. On a détecté des fuites non seulement dans l'installation de distribution de l'air comprimé, mais aussi au niveau des

Groupe de travail

La Commission de l'UE a conclu un accord avec le CEMEP (*European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics*) portant sur des systèmes d'entraînement électriques plus économes que jusqu'ici. Sur la base de cet accord, l'OFEN est en train de formuler un accord similaire en collaboration avec les fabricants et les distributeurs suisses de moteurs électriques. En impliquant l'industrie, il cherche à encourager la diffusion de moteurs plus efficaces des classes eff1 et eff2. Créé cet été, le groupe de travail "WG-eff", composé de représentants de l'industrie et de l'OFEN, est appelé à analyser l'accord conclu entre l'UE et le CEMEP, collectant les expériences faites jusqu'ici, et à l'adapter aux conditions suisses. Cela permettra de créer les bases nécessaires au nouvel accord.

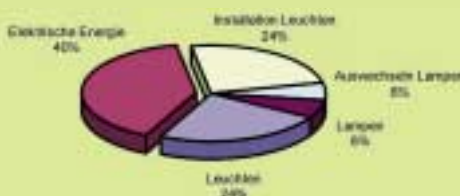
raccords enfichables exposés aux vibrations et devenus ainsi défectueux. De meilleurs raccords ou un tuyau souple monté à demeure ont été les remèdes administrés, à la fois simples et peu onéreux.

GreenLight désormais aussi en Suisse

Le programme européen *GreenLight* encourage les efforts de SuisseEnergie en matière d'amélioration des éclairages. Sur mandat de l'OFEN, la Suisse compte désormais aussi un centre *GreenLight*, mis sur pied et géré par l'Agence suisse pour l'efficacité énergétique (S.A.F.E.). Le programme *GreenLight* a été lancé en 2000 par douze membres de l'UE. Les installations d'éclairage sont souvent une source de gaspillage d'énergie parce que l'on n'accorde aucune attention à l'efficacité, ni au cours de l'étude et de la réalisation de ces installations, ni pendant leur exploitation. Les installations sans commande ni réglage et équipées de lampes médiocres en sont des exemples

typiques. *GreenLight* cherche à informer les investisseurs et concepteurs-projeteurs pour les pousser à agir. Les détenteurs du statut de partenaire *GreenLight* ou de répondant *GreenLight* s'engagent en faveur d'un plan

Répartition des coûts d'éclairage : électricité, pose, remplacement des lampes, lampes, luminaires.



d'action. En même temps, ils profitent d'une plaque tournante de l'information et sont autorisés à utiliser le logo de *GreenLight*.

Les activités suisses comprennent notamment une collaboration suivie avec des spécialistes de l'éclairage et des fournisseurs. L'accompagnement par S.A.F.E. est complété par les projets à succès de longue date, tels "FaktorLicht" et "Goldener Stecker".

Informations:
www.eu-greenlight.org
www.ch-greenlight.ch
www.energieeffizienz.ch



Palettes contre scroll ?

Une étude des compresseurs à palettes comme alternative aux compresseurs *scroll* ou à piston

Martin Zogg

Chef du programme "Chaleur ambiante, rejets thermiques et couplage chaleur-force (UAW)" de l'OFEN
Kirchstutz 3
CH-3414 Oberburg

Fabrice Rognon

Responsable du domaine "Chaleur ambiante, couplage chaleur-force et production de froid" à l'OFEN

Les pompes à chaleur destinées à remplacer les chauffages à mazout ou à gaz – dites pompes à chaleur "Retrofit" – doivent généralement surmonter des élévations de température (entre évaporateur et condenseur), nettement plus importantes que les pompes à chaleur destinées aux immeubles neufs. Avec la plupart des fluides de travail, cela débouche, à la sortie du compresseur, sur des températures élevées posant problème. Le recours à des compresseurs à palettes rotatives coulissantes (compresseurs à cellules multiples) est l'une des stratégies permettant d'abaisser cette température de sortie.

Particularités techniques des compresseurs à palettes

Dans l'étude des compresseurs à palettes – comme alternative possible aux compresseurs *scroll* ou à piston – il existe une particularité dont il faut tenir compte: la circulation très intense de l'huile qui doit assurer la lubrification et l'étanchéité. Le flux de lubrifiant peut notamment augmenter jusqu'à atteindre plusieurs fois le flux du fluide de travail, surtout aux faibles vitesses de rotation. Ce flux d'huile permet de refroidir le fluide de travail durant la compression.

Dans le cadre d'un travail de recherche détaillé, visant à soutenir sur le plan technique les fabricants impliqués dans le pro-

Rapport final:

Charakteristiken von Vielzellenkompressoren; A. Zingerli, M. Ehrbar; OFEN 2001.

Pour télécharger le rapport: www.waermepumpe.ch/fe

ou pour le commander ou le télécharger: www.energieforschung.ch (publication ENET n° 210128)

Vision d'avenir

Il y a dix ans que Martin Zogg a pris la direction du programme de recherche de l'OFEN "Chaleur ambiante, rejets thermiques et couplage chaleur-force". Cet ingénieur en génie chimique enseignait précédemment à la Haute École spécialisée de Berthoud où il effectuait parallèlement des simulations dans le domaine de l'énergie solaire et élaborait des bases pour la mise en œuvre de cette source d'énergie. La perspective de recherches prometteuses dans la technologie des pompes à chaleur a été pour lui l'occasion de s'investir davantage dans ce domaine en acceptant la fonction de direction du programme que lui offrait l'OFEN.

En 1992, dans quelle situation l'utilisation de la chaleur ambiante se trouvait-elle ?

Martin Zogg: Cette source d'énergie renouvelable avait gagné du terrain suite à la crise du pétrole et à une sensibilisation générale face aux questions environnementales. Les premières améliorations prometteuses étaient esquissées; il y a une dizaine d'an-

nées, l'accent avait déjà été mis sur le développement des pompes à chaleur. Nombreux étaient ceux qui voulaient s'engager en faveur de l'environnement, et le recours aux pompes à chaleur représentait une alternative facilement accessible et de prix abordable pour la production de la chaleur destinée au chauffage des locaux.

Au fond, à quand remonte le succès de la pompe à chaleur ?

Une fois de plus, la Suisse a joué un rôle de pionnier. En 1937, suite à la précarité de l'approvisionnement en charbon, la première pompe à chaleur a été mise en service à Zurich. Alimentée par l'eau de la Limmat, elle se trouve aujourd'hui encore en exploitation. Dans les années 70, on a redécouvert et relancé la fabrication de ces machines.

Quels autres développements potentiels avez-vous entrevus en 1992 ?

À l'époque, notre Pays comptait quelques 30'000 pompes à chaleur. La qualité et le

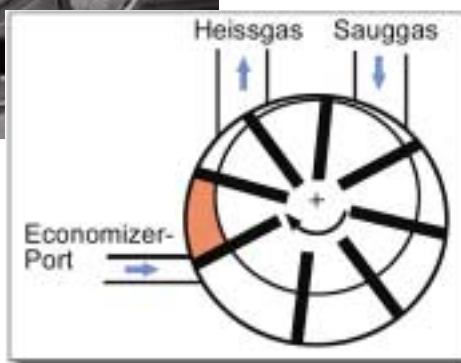


Martin Zogg : "La recherche pragmatique de solutions techniquement raisonnables était toujours prioritaire dans le développement des pompes à chaleur."



jet "Retrofit", un compresseur à palettes ouvert (c'est-à-dire à moteur séparé) et à vitesse de rotation variable a été testé sur un banc d'essai, pour la plage de 800 à 3'000 tours/minute. Il s'est vérifié que le rendement volumétrique et l'efficacité énergé-

Quand la température extérieure est basse, les pompes à chaleur "Retrofit" doivent surmonter d'importantes élévations de température. Le compresseur à palettes étudié, du type Eurovane 140, représente une alternative aux compresseurs classiques.



tique dépendent fortement du choix judicieux du lubrifiant et d'une technique de circulation d'huile optimale. Pour le fluide de travail R134a, une huile de synthèse (POE) a été utilisée. Plus la température de l'huile s'abaisse, plus la quantité de fluide de travail absorbée par l'huile au niveau du compresseur et du séparateur d'huile en aval s'accroît. Dans la partie basse pression du compresseur, une désorption correspondante se produit. Afin de pallier à cet effet indésirable, la température de l'huile doit être au moins de 30 K supérieure à la température de condensation.

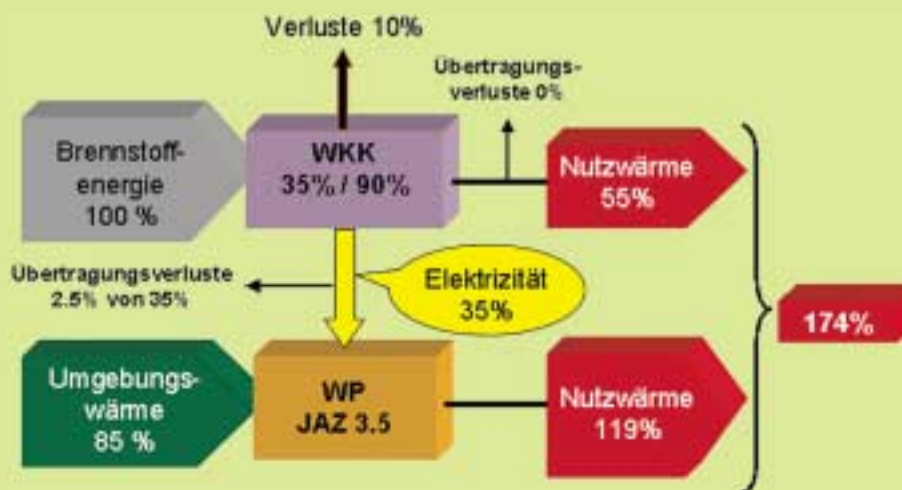
L'élévation importante de la température, un signe caractéristique

Quand la température extérieure est basse, les pompes à chaleur "Retrofit" utilisant l'air comme source de chaleur et alimentant des radiateurs d'un certain âge dans les pièces à chauffer, doivent surmonter d'importantes élévations de température. Avec les cycles thermodynamiques simples, une baisse sensible des performances de la pom-

coefficient de performance annuel devaient cependant être améliorés. Le rôle de *leader* de nos Hautes Écoles et de notre industrie dans la recherche et le développement me donnait confiance: nous allions obtenir rapi-

"Nous avons pu démontrer qu'au niveau du système global, une efficacité envisagée à plus de 170% est parfaitement réalisable."

dement des progrès au niveau des performances. Il fallait pour cela procéder pragmatiquement, en cherchant à perfectionner de façon ciblée les acquis, tels que l'efficacité et la fiabilité. Par la suite, un thème important fut le remplacement en urgence des hydrocarbures chloro-fluorés servant de fluide de travail. Il fallut activement rechercher des alternatives synthétiques et naturelles. D'autres thèmes abordés furent l'amélioration de la transmission de chaleur dans les condenseurs et les évaporateurs, le développement de nouveaux types de compresseurs, ainsi que la simulation sur ordinateur dans le but d'améliorer l'étude des projets. À l'ordre



du jour, il y avait aussi l'étude globale des systèmes avec l'intégration optimale des composants de l'installation et de nouveaux concepts de régulation.

Par des considérations générales, vous n'avez pas cessé d'attirer l'attention sur les avantages décisifs, en matière d'efficacité, que présente la combinaison pompe à chaleur/couplage chaleur-force.

La combinaison pompe à chaleur/couplage chaleur-force promet des rendements élevés et d'importants développements potentiels futurs.

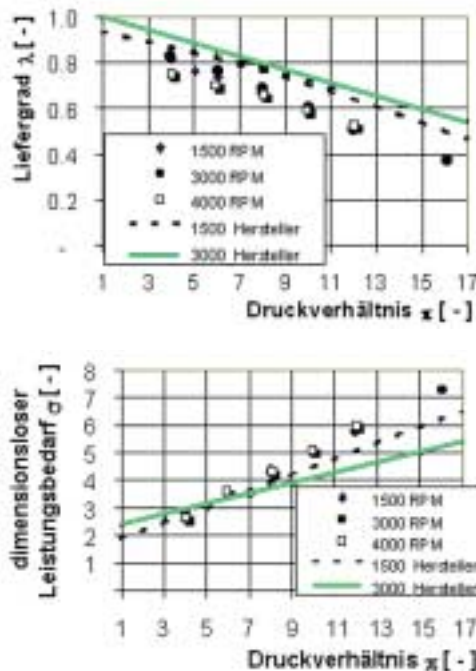
L'objectif des efforts de recherche et de développement est, notamment, d'atteindre une consommation minimum d'énergie d'origine fossile pour couvrir une demande

pe à chaleur a lieu. Il est cependant possible de maîtriser cet effet moyennant des compresseurs adéquats qui, à une pression intermédiaire, aspirent une partie du flux de fluide de travail à travers une ouverture d'aspiration intermédiaire (*Economizer Port*). Dans le cas du compresseur à palettes, l'augmentation observée du flux du fluide de travail sortant du compresseur peut aller jusqu'à 25% suivant les cas. Pour une pompe à chaleur, cela équivaut à un accroissement substantiel de puissance thermique.

Des mesures ont révélé que, sans aspiration intermédiaire, le débit volumique effectif était plus faible et la puissance électrique consommée plus grande que les indications données par le fabricant, aux pressions élevées.

La large gamme de vitesses de rotation, un avantage particulier

Le compresseur à palettes étudié s'est avéré être une alternative remarquable aux compresseurs *scroll* ou à piston pour les ap-



Mesures de rendement volumétrique et de la puissance "réduite" [= puissance électrique effective / (débit volumique théorique x pression d'entrée)] en l'absence d'aspiration intermédiaire. (extrait du rapport final)

plications de pompes à chaleur s'inscrivant dans le cadre du remplacement d'anciennes installations de chauffage. Son atout principal est la large plage de vitesses de rotation permettant une adaptation de la puissance, sans paliers. Sa construction ouverte, en revanche, dépassée depuis longtemps dans la conception des pompes à chaleur de faible puissance, suscite souvent des réticences de la part des acquéreurs. Le compresseur à palettes s'avère être une solution intéressante pour les fluides de travail qui, dans d'autres compresseurs, impliqueraient des températures de sortie de compresseur très élevées quand l'élévation de température (et donc aussi le taux de compression) est importante. C'est le cas, notamment, avec l'ammoniac. Compte tenu de ces particularités, les applications du compresseur à palettes demandent une attention spéciale en matière de choix du lubrifiant et de circulation d'huile. Ces caractéristiques ont été décrites en détail dans le rapport final.

Auteur : Martin Zogg

déterminée de chaleur à basse température. Nous avons déjà pu démontrer que la pompe à chaleur, combinée avec une installation efficace de couplage chaleur-force ou une centrale combinée (cogénération), permet d'atteindre un rendement global dépassant 170%. Dans le domaine du couplage chaleur-force (CCF), le rôle de l'OFEN a aussi été déterminant en ce qui concerne le développement, par un fabricant suisse, du "Swiss-Motor", un moteur à gaz, pauvre en émissions et de rendement élevé. Pourtant, en matière de CCF, il reste à découvrir d'importantes possibilités de rationalisation de production de chaleur pour le chauffage des locaux.

Les pompes à chaleur affichent une présence réjouissante dans les constructions nouvelles. Mais qu'en est-il dans le domaine de la rénovation des bâtiments ?

Ces dernières années, nous avons concentré nos efforts précisément sur ce domaine d'application. Il fallait tout d'abord développer des pompes à chaleur permettant des températures de départ plus élevées. Dans l'intervalle, nous avons pu décerner le label "Swiss Retrofit Heat Pump" à une pompe à chaleur

issue de ce pôle de recherche. Mais quelles sont les innovations introduites sur ces nouveaux appareils ? Relevons ici, par exemple, "l'aspiration intermédiaire", appliquée pour la première fois à des pompes à chaleur de faible puissance, ainsi que de nouvelles méthodes de dégivrage.

"Les efforts de recherche et de développement doivent se poursuivre, car c'est plus rapidement que nous ne le pensons qu'arrivera la demande pour le chauffage des locaux dans le secteur de la rénovation."

Et comment voyez-vous à l'avenir les activités de recherche dans le domaine de l'utilisation de la chaleur ambiante ?

Il ne faut pas relâcher les efforts. De nouvelles améliorations essentielles des techniques

appliquées sont imminentes, par exemple, au niveau des entraînements de compresseurs. En outre, nous allons au-devant d'une vague de rénovations d'immeubles auxquels il faudrait intégrer de façon judicieuse des systèmes plus efficaces de production de la chaleur pour le chauffage. L'optimisation et l'introduction de solutions novatrices impliquent une collaboration étroite entre toutes les parties concernées. L'accent sera mis sur le rapport entre les frais énergétiques et les émissions de CO₂. Le problème posé est le suivant: comment produire de la chaleur et de l'électricité avec un minimum d'émissions de CO₂ ? La solution consiste en des objectifs de recherche à long terme et en une concentration optimale des moyens sur les activités de P+D visant au succès commercial de nouveaux produits. En Suisse, nous avons des fabricants ayant déjà développé des techniques prometteuses pour l'ensemble du secteur, depuis les pompes à chaleur jusqu'aux centrales combinées. Et nous notons une sensibilisation croissante de la population qui attend des réponses économiquement supportables au problème du CO₂.



Les SCAPs se mettent au travail

Le projet TOHYCO est prêt pour la phase de test en exploitation dans le dessein de parfaire son optimisation

Vinzenz V. Härri
Haute École spécialisée de Lucerne
CH-6048 Horw

Martin Pulfer
Responsable du domaine "Transports" à l'OFEN

Le *TOHYCO-Rider* se trouve sur la ligne de départ. Après un travail de développement de plus de quatre ans à la Haute École spécialisée de Lucerne (HTA Luzern), ce minibus hybride, utilisant des supercondensateurs de haute capacité (*scaps*) comme accumulateur d'énergie, est prêt pour les tests en exploitation. Soutenu par l'OFEN et la CTI, ce projet d'envergure est réalisé par un consortium de partenaires industriels renommés, dirigé par Vinzenz V. Härri, chargé de cours à la HES: "Depuis de longues années, notre Haute École s'investit, à Horw, dans le développement de technologies durables pour le bâtiment et les transports. Nous nous efforçons continuellement d'intégrer judicieusement ces acti-

vités aux structures de l'École, comme c'est le cas pour le projet TOHYCO. Ici, nous travaillons avec des accumulateurs d'énergie *scaps* rechargeables sans contact, qui permettent de parcourir des distances de 3



Les scaps sont à la base de l'exploitation du bus urbain dont ils constituent l'accumulateur d'énergie de haute performance. La recharge a lieu par transfert d'énergie sans contact, aux arrêts de la ligne desservie.

Les moniteurs *Eco-Drive*

Depuis peu, le Canton de Lucerne compte également plusieurs auto-écoles proposant aux élèves conducteurs l'apprentissage d'un style de conduite respectueux de l'environnement. Les intéressés ont suivi à cet effet une formation complémentaire de moniteur de conduite automobile écologique. Cette action a été lancée à l'initiative de l'Office de la protection de l'environnement de Lucerne; SuisseEnergie prend en charge les frais occasionnés chez les enseignants.

Les cours de 3 jours pour moniteurs rencontrent actuellement un écho réjouissant. Ils sont organisés par *Eco-Drive*.

www.umwelt-luzern.ch
www.eco-drive.ch

à 5 km. Il s'agit de conditions idéales pour un service de transports publics urbains. Les essais en condition d'exploitation dans les villes de Lucerne et d'Altstätten nous permettront d'acquérir encore plus d'expérience pratique."

Extérieur: classique – Intérieur: hautement moderne

Conçu comme un véhicule à plancher surbaissé adapté aux chaises roulantes, le *TOHYCO-Rider* peut assurer le transport de 14 passagers. La capacité de l'accumulateur *scaps* de 1,8 kWh permet de parcourir les trajets prévus entre les arrêts. Le rendement est d'environ 60%. Dans la version défini-



Vinzenz V. Härry: "La HES de Lucerne s'investit depuis de longues années dans le développement de technologies durables pour les transports, notamment dans le domaine des scaps."

tive qui roulera en mode hybride, un groupe électrogène intégré permettra de fournir assez d'énergie pour que le bus puisse parcourir des trajets plus longs et être affecté, par exemple en soirée, à des lignes de bus interurbaines.

La combinaison de supercondensateurs et du transfert d'énergie sans contact lors de leur recharge est une première mondiale. À moyen terme, il s'agit de créer un transport public urbain ménageant l'environnement, comme alternative aux moteurs à combustion interne classiques; à long terme, la technologie *scaps* pourrait aussi, dans certaines applications, remplacer les batteries. Avec un nombre de cycles allant jusqu'à un demi-million, la durée de vie des *scaps* dépasse largement celle d'autres accumulateurs d'énergie.

Le défi réside dans la combinaison

Le SAM (*Super Accumulator Module*) combine les 16 modules *scaps* installés et

Liens Internet

Informations sur le projet TOHYCO
www.hta.fhz.ch
 (rubrique *Forschung und Entwicklung – Projekte*)

un système de gestion électronique de l'énergie, qui doit assurer une utilisation avantageuse avec les densités de puissance et d'énergie adéquates. L'optimisation dans ce domaine sera encore à affiner. Des campagnes de mesures de longue durée permettront de perfectionner le système dans son ensemble. Vinzenz V. Härry conclut: "Seule une exploitation fiable sur un réseau urbain permettra de surmonter le scepticisme observé encore actuellement et d'ouvrir, à grande échelle, la voie à une application pratique de cette technologie nouvelle".

Mobilité au gaz naturel

Pour les voitures automobiles affectées au transport des personnes, le gaz naturel constitue un carburant de substitution de l'essence liquide ou du diesel. Dans l'évaluation de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, le gaz naturel obtient un meilleur résultat que ses concurrents, selon différents critères de charge de l'environnement, aussi bien au niveau de la fourniture du carburant depuis son extraction que pendant l'exploitation du véhicule. Les émissions de CO₂ sont moindres (d'environ 20%), il en est de même des oxydes d'azote, des hydrocarbures susceptibles de favoriser la formation d'ozone et des poussières émises.

Dans le domaine de la recherche et du développement, l'OFEN a encouragé régulièrement les efforts d'optimisation des moteurs à gaz (par exemple, au LFEM/EMPA). Il a aussi soutenu des projets de démonstration, comme le parc des véhicules à gaz de l'Expo.02. Cela facilite la transition vers des carburants gazeux, favorise le recours au biogaz comme agent énergétique renouvelable et neutre en termes de CO₂ et ouvre la

voie à l'utilisation future de l'hydrogène. Le réseau de conduites actuellement en place fonde les premières assises de l'exploitation du biogaz et du gaz naturel.

Diverses mesures d'application permettent désormais de promouvoir les véhicules à gaz pour le transport des personnes:

- Le choix des véhicules à gaz pour le transport de personnes s'élargit.
- Le réseau suisse des stations services sera étendu d'ici fin 2003, de 24 unités actuellement à environ 40. Une convention cadre avec le fournisseur BP Suisse soutiendra cette extension à des stations services existantes.
- Des programmes cantonaux de promotion s'adressent aux particuliers comme aux exploitants de parcs automobiles.
- Le projet "HUT – Hundert Umwelt-Taxis für Basel (Cent taxis écologiques pour Bâle)" contribue à l'effet de démonstration.
- L'action nationale "Mobile au gaz naturel" proposera des moyens de commercialisation et de coordination pour le gaz naturel employé comme carburant.



Lors de la visite de la CEATE – la Commission du Conseil national pour l'environnement, l'aménagement du territoire et l'énergie – à la mi-septembre au LFEM/EMPA, ses membres se sont informés de l'état de la recherche en matière de véhicules à gaz.

(Photo : LFEM/EMPA)

www.empa.ch
www.erdgas.ch

Des procédés discontinus efficaces

La valorisation des rejets thermiques issus de procédés en *batch* peut être optimisée par des méthodes appropriées

Pierre Krummenacher
Chef de projet
Planair SA
CH-2314 La Sagne

Martin Zogg
Chef du programme
"Procédés et chaleur ambiante" de l'OFEN

Markus Geissmann
Responsable du domaine "Procédés et chaleur ambiante" de l'OFEN

Dans les procédés continus, les flux de matière s'écoulent régulièrement au travers d'installations appropriées. L'exploitation économiquement optimale des rejets thermiques (appelée aussi intégration énergétique) de ces procédés a été rendue possible par le développement de méthodes systématiques faisant leurs preuves depuis plus de 15 ans. Cependant, dans la pratique, on rencontre en Suisse aussi de nombreux procédés par lots (procédés en *batch*, procédés travaillant par intermittence), notamment dans le cadre d'installations de production industrielle fabriquant des denrées alimentaires,

des matériaux synthétiques spéciaux, des produits chimiques fins, des produits pharmaceutiques, etc. Des caractéristiques similaires s'observent également dans les domaines du couplage chaleur-force, de la climatisation des locaux, etc. Ces procédés discontinus présentent des variations des conditions opératoires (températures) en fonction du temps. Cela pose des exigences plus sévères en matière de conception des systèmes de récupération des rejets thermiques, qui doivent répondre, en outre, aux impératifs de sécurité et présenter la flexibilité d'exploitation désirée. Le développe-

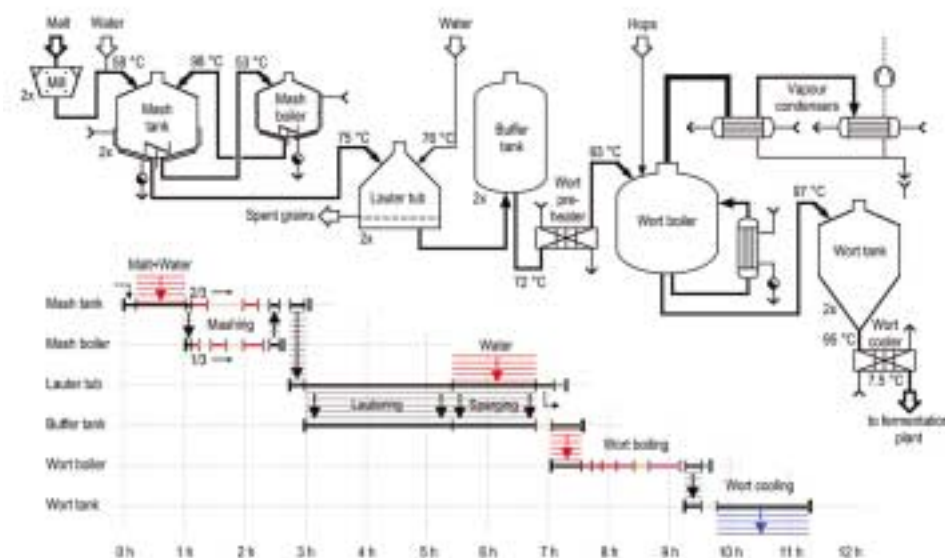


Schéma de principe de l'installation et diagramme de Gantt d'un procédé de brassage illustrant la problématique de l'intégration énergétique de procédés en batch.

Optimisation énergétique des installations d'approvisionnement en eau

L'approvisionnement en eau implique généralement une importante consommation d'énergie. Environ 300 millions de kWh d'électricité sont consacrés annuellement à ce service; ce qui représente environ 21% de la consommation d'électricité d'une commune suisse, d'où l'intérêt particulier porté aux efforts d'optimisation dans ce secteur. La majeure partie, soit 80%, concerne les pompes servant à l'extraction des eaux souterraines, ou les pompes de palier. On cherchera donc à augmenter leur efficacité par l'amélioration de leur rendement, un dimensionnement approprié, etc.

Une optimisation énergétique systématique passe par la formulation de mesures adéquates, basées sur l'analyse de la situation et des données d'exploitation. Ces mesures concernent, par exemple, une meilleure gestion des eaux de source par l'augmentation de leur quote-part dans la consommation actuelle; cela permettra de limiter la durée de fonctionnement des pompes d'extraction des eaux souterraines. Les installations d'approvisionnement en eau potable offrent aussi de nombreuses possibilités d'utilisation de leur énergie par turbinage – surtout en région de montagne à forte dénivellation, où l'on peut

facilement affecter les réservoirs et les installations de réduction de pression à la production d'électricité.

Pour de plus amples informations:
Ernst A. Müller, chef de projet
eam, CH-8001 Zurich

Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux (SSIGE)
www.svgw.ch

ment de méthodes spécifiques d'étude s'impose. Les frais d'énergie imputables à l'exploitation d'installations destinées à fabriquer des produits à haute valeur ajoutée ne jouent généralement pas un rôle prépondérant. Il en va tout autrement de la production à grande échelle de biens de consommation, où les frais d'énergie représentent souvent plusieurs pour-cent du prix de vente.

L'intégration énergétique (récupération des rejets thermiques) des procédés discontinus peut s'effectuer selon l'un des modes suivants :

- échanges de chaleur directs entre flux simultanés
- échanges de chaleur indirects par stockage intermédiaire
- combinaison d'échanges de chaleur directs et indirects.

Le choix du mode d'intégration approprié est avant tout dicté par l'évolution temporelle ("schedule") des procédés à intégrer, la "rigidité" de cette évolution et l'importance accordée à la flexibilité des procédés. Pour garantir une flexibilité de fonctionnement élevée, on privilégiera l'intégration énergétique indirecte.

Dans le cadre d'une thèse de doctorat à l'EPFL, soutenue par l'OFEN, des méthodes automatiques de conception et d'optimisation de l'intégration énergétique de procédés en *batch* ont été développées. Les méthodes d'intégration par stockage intermédiaire proposées ont été testées sur un procédé de brassage de bière. Une procédure graphique permet, par exemple, de déterminer, en fonction de la quantité de chaleur récupérée, le nombre minimum nécessaire d'unités de stockage intermédiaire de la chaleur et la plage de température dans laquelle elles vont travailler. Un algorithme génétique assure l'optimisation économique du modèle général (ou superstructure) du réseau des échanges de chaleur. Les variables de décision du modèle sont: la température de fonctionnement de chaque stockage de chaleur, les flux du procédé à intégrer et leur apport (resp., soutirage) de chaleur à (resp., de) chaque stockage de chaleur. Un système de stockage "ouvert" de la chaleur a également été mis au point: celui-ci se prête particulièrement bien à l'intégration de procédés caractérisés par des besoins importants en eau chaude.

Gérer sûrement les déchets

Le PSI met au point des méthodes d'évaluation de sites et de systèmes de stockage

Jörg Hadermann

Chef du Laboratoire de Gestion des déchets (LES)
Institut Paul Scherrer
CH-5232 Villigen

J. Peter Hosemann

Chef du programme "Technique et sécurité nucléaires" de l'OFEN
Institut Paul Scherrer
CH-5232 Villigen

Christophe de Reyff

Responsable du domaine "Énergie nucléaire" à l'OFEN

L'entreposage des déchets radioactifs représente un défi pour notre planète. Dans de nombreux pays, l'exploitation de dépôts destinés au stockage définitif des déchets faiblement radioactifs (c'est-à-dire de courte demi-vie) est en cours. La recherche a révélé que le stockage définitif est tout à fait réalisable. Elle a mis au point des concepts technologiques sûrs, à adapter et à optimiser en fonction des données géologiques propres à chaque site. Indépendamment des décisions politiques quant au choix des sites, ces travaux de recherche apportent un soutien nécessaire et essentiel à l'étude, à la construction et à l'exploitation des dépôts profonds. Les déchets radioactifs proviennent de deux sources principales: les centrales nucléaires et, dans une moindre mesure, la médecine, l'industrie et la recherche.

La mobilité des radionuclides est étudiée à l'aide d'une cellule de conception nouvelle dans laquelle est mesurée la diffusion à différentes pressions, simulant différentes profondeurs.



Collaboration de spécialistes

Le Laboratoire de Gestion des déchets (LES), qui fait partie du Département de recherche en Énergie et sécurité nucléaires (NES) de l'Institut Paul Scherrer (PSI) à Villigen, réalise de tels projets de recherche aux fins d'évaluation du stockage sûr des déchets radioactifs. Leur objectif est de mieux comprendre les mécanismes et les processus essentiels et de les décrire quantitativement. La recherche réalisée au PSI est surtout de caractère générique; elle four-



Dans le laboratoire rocheux du Mont Terri (Jura, argile à opalines), un essai de migration est effectué en collaboration avec le LES.

nit des résultats qui, dans une large mesure, sont indépendants des sites et doivent être appliqués en connaissance de cause à chaque cas particulier. En Suisse, ces travaux sont formulés et réalisés en collaboration avec la CEDRA/NAGRA. La majeure partie d'entre eux sont intégrés à des projets européens.

Le PSI est le seul institut suisse à pouvoir faire des analyses chimiques en rapport avec les déchets radioactifs, car, particulièrement pour les actinides, c'est seulement ici qu'il est possible de travailler avec les quantités nécessaires. L'infrastructure disponible, grâce aux installations SLS et SINQ, ainsi qu'aux laboratoires "de type A", est idéale pour les expériences.

Le PSI échange régulièrement ses connaissances et expériences avec les chercheurs travaillant dans ce domaine à l'étranger et avec les organismes chargés de la gestion des déchets.

Le LES s'intéresse principalement à la chimie des dépôts profonds et à la mobilité des radionuclides contenus dans les déchets. Il étudie leurs interactions avec les composants du dépôt définitif et les matériaux géologiques, ainsi que les mécanismes de rétention correspondants. Dans ces domaines, le LES a développé une compréhension des processus, a préparé des données de base et a mis au point des modèles de simulation. Alors que, par le passé, les roches cristallines (par exemple, le granite) étaient jugées les plus aptes à recevoir en dépôt les déchets

Les recherches et développements orientés sur le long terme rendent nécessaire la formation correspondante de spécialistes dans ce domaine pluridisciplinaire fort complexe.

(Photos: PSI)



hautement et moyennement radioactifs, c'est l'argile à opalines (*Opalinus-Ton*) qui est aujourd'hui la plus prometteuse.

Vérifications expérimentales en laboratoire rocheux

Les modèles développés sont testés, dans des conditions proches de la réalité, au sein de laboratoires creusés dans la roche. Dans le laboratoire du Grimsel (roche cristalline), par exemple, on analyse le comportement de base des colloïdes pouvant conduire à une migration de radionuclides, donc à une réduction du pouvoir de rétention de la roche. Dans le laboratoire du Mont Terri (Jura, argile à opalines), un essai de migration est effectué avec la participation du LES. Et dans les laboratoires du LES, la mobilité des radionuclides est déterminée à titre complémentaire à l'aide de carottes de forage. À cet effet, une cellule d'étude de

la diffusion, de conception nouvelle, a été construite dans laquelle la pression peut être modifiée de manière à simuler différentes profondeurs.

Priorité donnée à l'argile à opalines et aux barrières artificielles

Le passage des conditions du laboratoire à celles de la réalité des profondeurs terrestres est nettement plus simple avec l'argile à opalines et avec des barrières artificielles (matériau de remplissage, ciment)

qu'avec un matériau inhomogène comme la roche cristalline; c'est un avantage certain pour l'étude d'un dépôt définitif. La fiabilité de son comportement dépend en premier lieu de la mobilité des radionuclides. C'est pourquoi les travaux de recherche seront consacrés à la compréhension des mécanismes et des facteurs géométriques qui influencent le comportement des barrières, qu'elles soient artificielles ou géologiques.

Les longues durées qui caractérisent les questions relevant de la gestion des déchets rendent nécessaires non seulement des recherches et des développements orientés sur le long terme, mais également la formation correspondante de spécialistes dans ce domaine pluridisciplinaire fort complexe. L'une des tâches principales du Laboratoire de Gestion des déchets (LES) est donc la création de compétence.

Liens Internet

L'Institut Paul Scherrer et ses recherches pluridisciplinaires
<http://www.psi.ch>

Le Département de recherche en Énergie et sécurité nucléaires (NES)
<http://nes.web.psi.ch>

Le Laboratoire de Gestion des déchets (LES)
<http://les.web.psi.ch>

Rejets de chaleur

Abwärmtezug aus der ARA Muri; Betrieb bivalenter Wärmezentralen mit Nahwärmenetzen; Schlussbericht; Businger Ewald; EFA Energie Freiamt AG; 12.2001; DE; 15 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210324

Abwärmenutzung von Kälteanlage in der Sportanlage Erlen AG 8157 Dielsdorf; Schlussbericht; Weber T.; Sportanlage Erlen AG; 06.2002; DE; 5 S.; F&E; Sfr. 5.00 Nr. 220112

Abfalllösungsmittelbewirtschaftung in der chemischen Industrie; Ein ökologischer Vergleich von Rektifikation und Verbrennung; Schlussbericht; Hofstetter Thomas; ETH Labor für Technische Chemie; 06.2002; DE; 56 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 220141

Fernwärmeversorgung Siggenthal zur Nutzung der Abwärme aus der KVA Turgi; Schlussbericht und Schlussabrechnung; Peyer T.; Siefertmann I.; Fernwärme Siggenthal AG; 08.2002; DE; 14 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 220152

Couplage chaleur-force

Blockheizkraftwerk mit Wärmeverbund der IVF Hartmann AG mit Klärgas aus der ARA Röti/SH; Erfolgskontrolle; Schlussbericht; Röck P.; Böhner A.; IVF; 11.2001; DE; 16 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 210329

Stockage thermique

Saisonale Speicherung von Sonnenenergie im Erdboden; Aquisition eines Demonstrationsprojektes; Schlussbericht; Juzi H.; Dubach W.; Hartmann P.; Zürcher Hochschule Winterthur; 04.2002; DE; 31 S.; P&D; Sfr. 20.00 Nr. 220136

Biomasse (bois)

Regelung automatischer Heizkessel / Régulation des chaudières automatiques; Artikel; Nussbaumer Thomas; 06.1999; DE, FR; 8 S.; F&E; Sfr. - Nr. 220106

Kleinholzfeuerung mit Feststoffspeicher als Alleinheizung; Schlussbericht; Hafner Heiri; Rüegg Peter; Rüegg Cheminée AG; 02.2002; DE; 89 S.; F&E; Sfr. 30.00 Nr. 220110

Ammoniakemissionen aus Gülle und deren Minderungsmaßnahmen unter besonderer Berücksichtigung der Vergärung; Schlussbericht; Hersener Jean-Louis; Meier Urs; Dinkel Fredy; 04.2002; DE; 97 S.; F&E; Sfr. 40.00 Nr. 220114

Systemoptimierung automatischer Holzheizungen; Projektphase 1; Schlussbericht; Good Jürgen; Nussbaumer Thomas; Jenni Andres; Bühler Ruedi; Ing. Büro Verenum; 05.2002; DE; 25 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 220115

Luftreinhaltung und Explosionsschutz bei Holzfeuerungen und Stand der Technik der Holzvergasung; Tagungsband zum 7. Holzenergie-Symposium 18.10.2002; Tagungsband; Nussbaumer Thomas; Ing. Büro Verenum; 10.2002; DE; 214 S.; F&E; Sfr. 40.00 Nr. 220167

Biomasse (sans le bois)

Vergärung von häuslichen Abfällen und Industrieabwässern; PACER; Edelmann Werner; 12.1993; DE; 66 S.; F&E; Sfr. 30.00 Nr. 200331

Valorisation énergétique (biogaz) d'huiles comestibles usagées par codigestion avec différents déchets d'origine agroalimentaire; Rapport final; Fruteau de Lacroix Hélène; Membrez Yves; EREP SA; 02.2002; FR; 68 p.; F&E; Sfr. 30.00 Nr. 220149

Products, impacts and economy of anaerobic digestion of OFMSW; Kapitel 10 des IAW-Buch „Biomethanization of the organic fraction of municipal solid wastes"; Edelmann W.; 01.2002; EN; 38 p.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 220153

Électricité

Stromeinsparpotenzial durch Schalten von Servern; Schlussbericht; Huser Alois; Encontrol GmbH; 05.2002; DE; 35 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 220109

Potential for reducing electricity consumption by switching off servers; Final report; Huser Alois; Encontrol GmbH; 05.2002; EN; 34 p.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 220126

Elektrische Heizbänder; Anwendungen, Energieverbrauch und Sparmöglichkeiten; Schlussbericht; Lingenhel Stephan; Nipkow Jörg; Arena AG Energie-Alternativen; 04.2002; DE; 43 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 220124

Recherche énergétique en général

CORE Jahresbericht 1999; Eidg. Energieforschungskommission CORE; 06.2000; DE; 7 S.; F&E; Sfr. - Nr. 200330

CORE Rapport annuel 2000; Comm. fédérale pour la recherche énergétique CORE; 05.2001; FR; F&E; Sfr. - Nr. 210330

CORE Jahresbericht 2001; Eidg. Energieforschungskommission CORE; 04.2002; DE; 11 S.; F&E; Sfr. - Nr. 220145

CORE Rapport annuel 2001; Comm. fédérale pour la recherche énergétique CORE; 04.2002; FR; 11 p.; F&E; Sfr. - Nr. 220146

Energie-Forschung 2001 / Recherche énergétique 2001; Überblicksbericht der Programmleiter / Rapports de synthèse des chefs de programme; BFE; OFEN; 05.2002; DE; FR; 207 S., 207 p.; F&E; Sfr. - Nr. 220107

Bâtiments

TWD-Fassadenelement mit integriertem Latentspeicher und Sonnenschutz; Schlussbericht; Nussbaumer T.; Schwarz D.; Architekturbüro Schwarz; 12.2001; DE; 10 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210331

A ceiling condensing unit with peltier elements for drying and cooling; Article de la conférence européenne EPIC 2002 AVEC (Energy efficient and healthy buildings in sustainable cities); Courret G.; Egolf P.; Sari O.; 08.2002; EN; F&E; Sfr. - Nr. 220144

Energieeffiziente und bedarfsgerechte Abluftsysteme mit Abwärmenutzung (ENABEL); Studie; Dorer Viktor; Pfeiffer Andreas; Hartmann Peter; Schatz Adrian; Wydlar Judith; Gröbly Peter; Fischer Ueli; EMPA Abt. 175, Haustechnik; 06.2002; DE; 272 S.; F&E; Sfr. 50.00 Nr. 220147

Sustainable Solar Housing; Marketable Housing for a better Environment; IEA – SHC Task 28 / ECBCS Annex 38; 09.2001; EN; 4 p.; F&E; Sfr. - Nr. 210327

Géothermie

Bad Schinznach Wärmegewinnung aus Thermalwasser S3; Schlussbericht; Flury Stefan; Bad Schinznach AG; 05.2002; DE; 41 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 220121

Détermination des zones potentielles permettant l'exploitation de la chaleur terrestre par les géostructures énergétiques; Rapport intermédiaire; Joliquin Patric; Gram SA; 07.2002; FR; 10 p.; P&D; Sfr. - Nr. 220132

Wärmenutzung Tunnelwasser; Basistunnel Lötschberg und Gotthard; Schlussbericht Phase 1; Grundlagen Wärmeangebot; Oppermann G.; Dups Ch.; Gruneko AG; 05.2002; DE; 92 S.; P&D; Sfr. 40.00 Nr. 220157

EWS-Anlage, Neubau CAS, Wattwil; Erdwärmesondenanlage; Schlussbericht; Eichenberger R.; Kapp Ch.; Hauser Rutishauser Suter AG; 06.2002; DE; 65 S.; P&D; Sfr. 30.00 Nr. 220158

Pieux énergétiques avec distribution de chaleur et de froid intégrée dans la structure; Centre Scolaire Vers l'Eglise / Fully; Rapport final; Cordonier Patrice; Bonvin Michel; Espace Socio-culturel; 06.2002; FR; 32 p.; P&D; Sfr. 20.00 Nr. 220162

Exploitation de la chaleur terrestre par des géostructures énergétiques; Méthodologie de détermination des zones potentielles; Rapport final; Joliquin Patric; Gram SA; 09.2002; FR; 55 p.; P&D; Sfr. 30.00 Nr. 220163

Energie-Forschung 2001: Geothermie Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2001; Überblicksbericht der Programmleiter / Rapports de synthèse des chefs de programme; Gorhan Harald L.; 05.2002; DE, FR, EN; 14 S., 14 p.; F&E; Sfr. - Nr. 220164

Énergie éolienne

V3-Toolbox, Leitfaden zur Vorhersage der Windenergieproduktion im Gebirge; Teil 1; Schlussbericht; Kunz Stefan; Schaffner Beat; Sander Johannes; Buzzi Matteo; Meteotest; 11.2001; DE; 30 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210333

FACTs Windberechnungen am Beispiel des Gütsch; Schlussbericht; Sander Johannes; Buzzi Matteo; Kunz Stefan; Meteotest; 11.2001; DE; 61 S.; F&E; Sfr. 30.00 Nr. 210334

Leichtwindanlage AVENTA AV-7; Begleitung der Windmessungen zur Ermittlung der Leistungskurve; Schlussbericht; Hanagasioglu Mehmet; Municipalité de Sainte-Croix; 09.2002; DE; 19 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 220161

Photovoltaïque

Programme photovoltaïque édition 2002; Rapport de synthèse 2001; Nowak Stefan; Université de Fribourg; 04.2002; FR; 33 p.; F&E; Sfr. - Nr. 220116

Programm Photovoltaik Ausgabe 2002; Überblicksbericht 2001; Nowak Stefan; Université de Fribourg; 04.2002; DE; 32 S.; F&E; Sfr. - Nr. 220117

Photovoltaic Programme Edition 2002; Summary Report, Project List, Annual Project Reports 2001 (Abstracts); Net Nowak Energie & Technologie AG et. al; Université de Fribourg; 04.2002; EN; 113 p.; F&E; Sfr. - Nr. 220118

Programm Photovoltaik Ausgabe 2002: Band 1: Forschung; Überblicksbericht, Liste der Projekte, Jahresberichte der Beauftragten 2001; Net Nowak Energie & Technologie AG et. al; Université de Fribourg; 04.2002; DE; 280 S.; F&E; Sfr. - Nr. 220119

Programm Photovoltaik Ausgabe 2002: Band 2: Pilot- und Demonstrationsprojekte; Überblicksbericht, Liste der Projekte, Jahresberichte der Beauftragten 2001; Net Nowak Energie & Technologie AG et. al; 04.2002; DE; 311 S.; P&D; Sfr. - Nr. 220120

27 kWp Photovoltaik Anlage Kantonschule Zürich-Stadelhofen; Schlussbericht; Clavadetscher Luzi; Nordmann Thomas; Hochbauamt Kanton Zürich; 06.2002; DE; 21 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 220148

PV-Anlage Rothorn; Visualisierung der Daten der 4,1 kWp-Anlage Rothorn; Schlussbericht; Schalcher Max; Hochschule für Technik & Architektur; 07.2002; DE; 58 S.; P&D; Sfr. 25.00 Nr. 220150

Umbau Solaranlage Lindenmatt; Neues Solardach mit SOLRIF; Schlussbericht; Togge Peter; Rasmussen Jochen; Enecolo AG; 07.2002; DE; 18 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 220156

Chaleur solaire

Kosteneinsparungen bei solaren Warmwasseranlagen durch Einbindung in die Warmwasserzirkulation; Vorstudie; Schlussbericht; Sitzmann Bernd; Oekozentrum Langenbruck; 12.2001; DE; 94 S.; P&D; Sfr. 30.00 Nr. 210332

System designs and performance of solar combisystems; Status report of Task 26 of the IEA Solar Heating and Cooling Programme; Hadorn Jean-Christophe; Weiss Werner; Suter Jean-Marc; Letz Thomas; 04.2002; EN; 10 S.; F&E; Sfr. - Nr. 220125

Active solar heating system with concrete plate heating analysed with dynamical thermal simulations; Article paru dans EUROSUN 2002, ISES Europe Solar Congress, Bologna, June 23-26 2002, ed. ISES; Pahud Daniel; 06.2002; EN; 0.875; F&E; Sfr. - Nr. 220127

Measurement of a solar combisystem in situ; Article paru dans EUROSUN 2002, ISES Europe Solar Congress, Bologna, June 23-26 2002, ed. ISES Italia, Roma; Pittet Thierry; Bony Jacques; Renoult Oliver; Dind Philippe; 06.2002; EN; 8 p.; F&E; Sfr. - Nr. 220130

A new solar powered adsorption refrigerator with high performance; Article paru dans EUROSUN 2002, ISES Europe Solar Congress, Bologna, June 23-26 2002, ed. ISES Italia, Roma; Hildbrand Catherine; Dind Philippe; Buchter F.; Pons M.; 06.2002; EN; 0.875; F&E; Sfr. - Nr. 220131

Advanced Control Strategy for Solar Combisystems; Article paru dans EUROSUN 2002, ISES Europe Solar Congress, Bologna, June 23-26 2002, ed. ISES Italia, Roma; Prud'homme T.; Gillet D.; 06.2002; EN; 0.75; F&E; Sfr. - Nr. 220133

Certification of solar glass; EUROSUN-Paper; Brunold Stefan; Frei Ueli; 06.2002; EN; 0.875; F&E; Sfr. - Nr. 220134

Significance of Spectral Correction of Collector Measurements Performed in Solar Simulators; EUROSUN-Paper; Müller-Schöll Christian; Brunold Stefan; Frei Ueli; 06.2002; EN; 0.75; F&E; Sfr. - Nr. 220135

Transfert de technologie / Systèmes

ENET-NEWS Nr. 52 deutsch; ENET; 07.2002; DE; 40 S.; F&E; Sfr. - Nr. 220128

ENET-NEWS No 52 français; ENET; 07.2002; FR; 40 p.; F&E; Sfr. - Nr. 220129

Energieforschung in der Schweiz; Beilage zu Vision Nr. 3/2002, 09.2002; BFE; ETH-Rat; 09.2002; DE; 36 S.; F&E; Sfr. - Nr. 220165

La recherche énergétique en Suisse; Supplément à Vision Nr. 3/2002, 09.2002; OFEN; CEPP; 09.2002; FR; 36 p.; F&E; Sfr. - Nr. 220166

Chaleur ambiante

Gasmotor-Wärmepumpe auf Flusswasser in Hinterkappelen/BE; Erfolgskontrolle der Heizperiode 2000/2001; Zwischenbericht; Hämmann Fritz; 12.2001; DE; 12 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 210328

Wärmequelle Luft für Retrofit-Wärmepumpen; Schlussbericht; Deller Martin; Kopp Thomas; Studer Markus; Trüssel Daniel; Eggenschwiler Kurt; Baschnagel Karl; Fachhochschule Rapperswil HSR; 05.2002; DE; 94 S.; F&E; Sfr. 40.00 Nr. 220137

Potentialabschätzung eines langsam laufenden Stirlingmotors; Schlussbericht; von Böckh Peter; Zumsteg Hanspeter; Gaegau Christian; Fachhochschule beider Basel; 05.2002; DE; 21 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 220138

Wärmeverbund Marzili; Nutzung erneuerbarer Energie mit Blockheizkraftwerk und Grundwasser-Elektrowärmepumpe; Schlussbericht; Liesch Bruno; 03.2002; DE; 19 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 220139

Pulsbreitenmodulation für Kleinwärmepumpenanlagen; Phase 2: Implementierung in handelsübliche Regler und Erprobung in einem Wohnhaus; Schlussbericht; Gabathuler Hans Rudolf; Mayer Hans; Shafai Esfandiari; Wimmer Roger; Frei Roger; Illi Bruno; Siedler Franz; Gabathuler AG; 06.2002; DE; 67 S.; F&E; Sfr. 30.00 Nr. 220142

Messungen an Retrofit-Wärmepumpen; Phase 2; Schlussbericht; Gabathuler Hans Rudolf; Mayer Hans; Cizmar Juraj; Zahnd Erich; Roschi Manfred; Habertür Marc; Trüssel Daniel; Bürki Martin; KWT Kälte-Wärme-Technik AG; 06.2002; DE; 64 S.; F&E; Sfr. 25.00 Nr. 220143

Force hydraulique

Demonstrationsprojekt Saugheber-Turbinen; Wasserturbinenanlage Papierfabrik Perlen (WTA-PF); Schlussbericht; Iteco; Perlen Holding AG; 01.2001; DE; 28 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 210313

Vorstudie Kleinwasserkraftwerk Bieli; Trinkwasser Hochdruck-Kraftwerk; Schlussbericht; Dubochet B.; Brunnengenossenschaft Hohfluh; 09.2001; DE; 71 S.; P&D; Sfr. 30.00 Nr. 210314

Kleinwasserkraftwerk Rütenen; Nutzung des Bergwassers aus dem Seelisbergtunnel; SSSchlussbericht; Odermatt Kurt; Ettlin Markus; Kantonales Elektrizitätswerk; 09.2001; DE; 19 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 210315

Vorstudie Kleinwasserkraftwerk Bisisthal; Quellen Oberer Schwarzenbach; Schlussbericht; Hauri Hans-Peter; Ulrich Hansruedi; 11.2001; DE; 12 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 210316

Demonstrationsprojekt Kleinwasserkraftwerk Wannenfluh Rüderswil; Innovatives Konzept eines Niederdruck-Wasserkraftwerkes am voralpinen Wildwasserfluss Emme bei Ramsei; Schlussbericht; Engel Arnold P.; KW Wannenfluh AG; 04.2001; DE; 13 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 210317

Vorprojektstudie Kraftwerk Cerneux Gorgé Moutier, La Birse; Erneuerung der Konzession; Schlussbericht; Engel Arnold P.; Weber Erwin; Zimmermann Daniel; Zahno Cuisines & Confort; 11.2001; DE; 26 S.; P&D; Sfr. 20.00 Nr. 210318

Pilot- und Demonstrationsprojekt Kleinwasserkraftwerk Gerberei Gerber; Pico-Kanalkraftwerk der Ilfis; Schlussbericht; Kast P.; Energie plus! Vereinigung zur Förderung umweltfreundl. Energien; 06.2001; DE; 13 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 210319

Studio di fattibilità di ricupero energetico captazione sorgenti in valle Morobbia; Approvvigionamento idrico comune di Giubiasco; Relazione tecnica; Sciarini G.; Comune di Giubiasco; 10.2001; IT; 31 S.; P&D; Sfr. 20.00 Nr. 210320

Elektrifizierung des Wasserrades Kislig Oberwil bei Büren; Arbeitspunktregelung eines oberflächigen Mühlewasserrades zur Erzeugung elektrischer Energie mit Rückspeisung ins 50Hz Netz; Schlussbericht; Wepfer Benjamin; Fachhochschule SO NW; 06.2001; DE; 16 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 210321

Kleinwasserkraftwerk Mühlau; Vorprojekt; Schlussbericht; Müller D.; Colenco Power Engineering AG; 02.2002; DE; 37 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 220111

Bundesbeiträge an Vorstudien für Kleinwasserkraftwerke; Realisierungsstand der Vorstudienprojekte 1993 bis 2001 Kurzevaluation der Auswirkungen der Bundesbeiträge (1996); Schlussbericht; Kuster Jürg; Suter Philip; ITECO Ing. Unternehmung AG; 07.2002; DE; 52 S.; F&E; Sfr. 30.00 Nr. 220140

Vorprojektstudie für ein Dotierkraftwerk Stroppel; Proma Energie AG Untersiggenthal; Vorprojektstudie; Hydrelec Ingenieure; PROMA ENERGIE AG; 07.2002; DE; 38 S.; P&D; Sfr. 20.00 Nr. 220154

Kleinwasserkraftwerk Twannbach; Reaktivierung Niederdruck-Kraftwerk; Vorstudie; Hunziker Rolf; 07.2002; DE; 16 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 220155

Kleinwasserkraftwerk Kett Einsiedeln; Vorstudie; Schlussbericht; EPS / Eco Power Systems AG; Baudirektion GL; 04.2001; DE; 27 S.; P&D; Sfr. 15.00 Nr. 210322

Stauanlage Buchholz an der Glatt Projekt zur Sanierung der Staumauer und Nutzung der Wasserkraft; Konzessionsprojekt; Eichenberger Peter; 12.2001; DE; 69 S.; P&D; Sfr. 30.00 Nr. 210323

Formulaire de commande des publications et services d'ENET

N° des publications	Titre	Nombre

ENET offre des services spéciaux aux entreprises

- ☐ Assistance au développement de produits et à l'innovation de produit, par de nouvelles technologies
- ☐ Solution de problèmes d'actualité (assistance scientifique et technique)

Société, organisation: _____

Nom: _____ Prénom: _____

Adresse: _____

NPA: _____ Lieu: _____

Téléphone: _____ Téléfax: _____

E-mail: _____

ENET
Réseau pour l'information et le
transfert de technologie en matière d'énergie
Egnacherstrasse 69 • CH-9320 Arbon
Tél. 071 440 02 55 • Tél. 021 312 05 55
Téléfax 071 440 02 56
enet@temas.ch • www.energieforschung.ch

Pour commander
● Formulaire de commande (à faxer)
ou
● Site Internet d'ENET: www.energieforschung.ch

