

# ENET NEWS

Nouvelles de la recherche énergétique

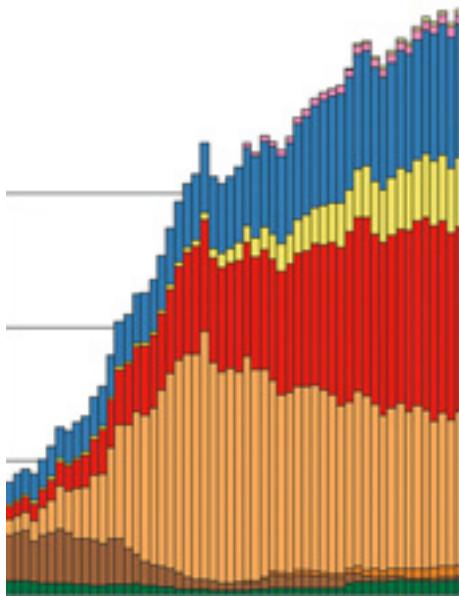


Office fédéral de l'énergie  
**Une place pour la recherche énergétique**

Une vue d'ensemble de chacun des  
programmes de recherche

[www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch)

 suisse énergie



## Office fédéral de l'énergie

Une place pour la recherche énergétique ...	4
Le service des publications ENET va être repris par l'OFEN.....	4
La consommation d'énergie en Suisse.....	5

## CORE

Nous relevons les défis.....	6
------------------------------	---

## Fondements de l'économie énergétique

Une base pour des perspectives .....	9
Un atelier qui clarifie les perspectives .....	9
Optimiser davantage la mise en œuvre dans le domaine de l'énergie .....	10

## Chimie solaire/Hydrogène

Faire "travailler" l'énergie solaire .....	12
Du cuivre en une seule étape .....	12

## Biomasse/Bois

La tradition a du bon .....	14
Comparaisons de systèmes .....	14

## Petits aménagements hydroélectriques/

<b>Énergie éolienne</b>	
Nager à contre-courant.....	16
Une roue hydraulique dans un environnement rénové .....	16
Le concept suisse pour l'énergie éolienne ..	17

## Géothermie

Un potentiel global .....	18
Lavey-les-Bains : utiliser encore mieux l'énergie.....	18
Les sondes au Grand Hotel Dolder .....	19

## Chaleur solaire/Photovoltaïque

Avance sur le marché.....	20
Le SPF a un nouveau directeur .....	20
Une réflexion colorée .....	21

## Chaleur ambiante

4:1 pour l'environnement .....	23
Méthodes de calcul pour un projet de l'AIE .....	23

## Bâtiment

Rénovation et efficacité énergétique .....	24
Du bon air à Himmelrich .....	24
Le <i>Status-Seminar</i> a dressé un état des lieux de la recherche .....	25

## Transports/Accumulateurs

En route vers une efficacité accrue .....	26
VEL Expo Ticino .....	26
Les rues de Lucerne innovent .....	27

## Combustion

Contribuer à l'évolution globale .....	28
Un détecteur miniaturisé .....	28

## Couplage chaleur-force (CCF)

Un rendement meilleur et des émissions réduites .....	29
---	----

## Énergie nucléaire

Une option à maintenir .....	30
Le projet <i>Heater</i> du Mont Terri .....	30
GEMS pour y voir clair dans les questions touchant au dépôt définitif .....	31
TORPEX, une nouvelle installation de recherche sur les plasmas .....	32

## Technologie des procédés

Un sujet d'actualité dans bien des secteurs .....	33
---	----

## Électricité

Plus d'efficacité en perspective .....	34
Gros plan sur les moteurs électriques .....	34
Des timbres-poste pleins d'énergie .....	35

## Piles à combustible

On cherche : marchés de niche .....	36
SAM fonctionne sur PEFC .....	36
<i>EnergyCube</i> .....	37

## Collaboration internationale

Penser au-delà des frontières .....	38
Dorénavant, les chercheurs suisses sont partie prenante .....	38

## Publications: parutions nouvelles .....

## Impressum

ENET-NEWS  
Nouvelles de la recherche énergétique

Novembre 2004 / N° 59

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  
Téléc. +41 61 726 92 11  
enet.kommunikation@bro.ch

Traduction française  
Jean-Marc Suter  
Suter Consulting  
Aarstrasse 98  
CH-3005 Bern

Reproduction autorisée seulement avec l'indication de la source.

Papier : papier recyclé Cyclus Print, mat, couché deux faces.  
Imprimé en Suisse.

## Photo de couverture

Les retombées de la recherche énergétique se font sentir à long terme. Les technologies mises au point à partir de ses résultats marquent de leur sceau l'approvisionnement et l'utilisation de l'énergie pendant des décennies. C'est pourquoi il faut créer pour les générations à venir des systèmes durables. La recherche énergétique est donc une discipline impliquant plus d'une génération. (Photo LFEM/EMPA: Pendant leurs vacances d'été, des enfants visitent le lieu de travail de leurs parents. Ici, on mesure le pH de l'eau de pluie dans le laboratoire de la Division des polluants atmosphériques et des techniques environnementales.)

# S'engager pour la vision

Avez-vous compris les dernières informations émanant de la recherche sur les matériaux photovoltaïques ? Connaissez-vous déjà les rapports entre les différentes technologies entrant dans le développement des réacteurs de fusion nucléaire ? Pouvez-vous énumérer les arguments qui militent en faveur de la promotion des piles à combustible ?

À l'origine de toutes ces connaissances, on trouve une communication soigneusement structurée et largement étayée des résultats scientifiques de la recherche énergétique et des disciplines apparentées. Ces résultats sont dépouillés, mis sous la forme de textes et d'illustrations, puis transmis aux intéressés. Ces informations doivent être compréhensibles et faire le lien avec ce qui est déjà connu afin que les lecteurs puissent évaluer l'importance des faits présentés. Tels sont les grands principes de la théorie de la communication qu'on voit ici à l'œuvre ; il y a toutefois aussi un aspect souvent sous-estimé de la communication, qui est celui d'influencer délibérément le destinataire du message.

Ce n'est qu'en de très rares occasions que les informations sont un but en soi ; elles sont la plupart du temps l'objet d'une motivation plus ou moins clairement reconnaissable. Elles doivent provoquer des réactions, aider à se forger des opinions, transmettre des valeurs et entraîner des changements de comportement. Cela, bien entendu, vaut aussi pour *ENET-NEWS*, la publication que vous avez en mains. En partant des objectifs de développement durable de la Confédération, du *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération*, élaboré par la CORE, de l'orientation du

programme SuisseEnergie et des efforts des responsables des différents programmes de recherche – il en sera de nouveau question plus loin –, il s'agit de mettre en évidence les étapes déjà franchies vers des technologies énergétiques à l'avenir prometteur et de stimuler la confiance en celles-ci. Cet objectif détermine les priorités et les grandes orientations. Cela est aussi vrai pour la transmission des informations que pour l'élaboration de concepts énergétiques.

Les idées visionnaires ont toujours été le moteur de développements décisifs qui, déjà pour la génération suivante, sont considérés comme allant de soi. Aujourd'hui, la vision d'une "société à 2000 watts" représente pour nous tous un défi légitime que la communication sur la recherche énergétique se doit aussi de relever. Cela consiste pour elle à mettre les idées passionnantes en perspective, à faire bouger les choses et à tendre ainsi vers l'objectif qui est celui d'une structure énergétique nouvelle. Les premiers jalons sont posés, d'autres sont déjà en vue.

La ligne d'arrivée est maintenant franchie pour *ENET-NEWS* dont ce numéro est le dernier. En prenant congé de ses estimés lecteurs, l'équipe de rédaction les remercie sincèrement du précieux soutien qu'ils lui ont apporté depuis l'année 2000.

Jürg Wellstein  
Rédacteur d'*ENET-NEWS*

# Une place pour la recherche énergétique

L'adaptation des structures conforte l'importance de la recherche et de la formation dans l'optique d'un approvisionnement énergétique durable

L'Office fédéral de l'énergie a récemment procédé à une adaptation de sa structure interne. La division qui s'appelait jusqu'alors "Programmes" a été rebaptisée "Efficacité énergétique et énergies renouvelables". Dans cette division, a été créée une section "Recherche et formation" dont le chef, Gerhard Schriber, commente ci-après la nouvelle situation.

**Pendant des années, la recherche énergétique a été considérée comme un pilier de la politique énergétique de la Suisse. Quelle est aujourd'hui l'importance de la recherche et du développement ?**

**Gerhard Schriber :** En Suisse, comme dans tous les pays industrialisés, la recherche énergétique demeure un pilier indiscutables de la politique énergétique. Je dirais même que son rôle est devenu encore plus important, non pas seulement comme fournisseur de solutions concrètes, mais aussi parce qu'elle rend plus objective la discussion sur le développement durable. L'OFEN a fait ses preuves en tant que centrale de coordination de la recherche énergétique publique ; il entretient des contacts étroits avec nombre d'organismes nationaux et internationaux. La coopération au sein de l'*Espace européen de la recherche* pourrait toutefois encore être renforcée.

**La recherche énergétique est tiraillée entre les perspectives à long terme, nécessaires, et les priorités politiques immédiates. Que peut-on faire dans une telle situation ?**

Avec des programmes bien ciblés, notamment dans le cadre de SuisseEnergie, nous voulons créer un "effet d'aspiration" des résultats du développement technologique de manière à rendre possible un passage plus rapide à la commercialisation. De par leur nature, les technologies énergétiques doivent toutefois être vues dans une perspective à long terme ; la mise sur le marché de nouveaux systèmes continue à demander beaucoup de temps.

**L'OFEN coordonne, accompagne et soutient la recherche énergétique en Suisse. Comment cela se traduit-il concrètement ?**

Des chefs de programme spécialisés, appuyés par des experts, conduisent et gèrent les activités de la recherche énergétique. La supervision de celles-ci est assurée au sein de l'OFEN par les responsables des domaines respectifs, ainsi que par la CORE et par des groupes d'évaluation formés d'experts internationaux.

**Dans la division appelée dorénavant "Efficacité énergétique et énergies renouvelables" a été créée la section "Recherche et formation". Est-ce qu'avec ce changement, ces activités ont à nouveau gagné en importance ?**



*Gerhard Schriber : le rôle de la recherche énergétique est devenu encore plus important, en Suisse aussi.*

## Le service des publications ENET va être repris par l'OFEN

ENET disparaît. Ainsi, l'OFEN n'abandonne pas seulement la publication d'*ENET-NEWS*, mais reprend aussi le service chargé actuellement de la mise à disposition des publications et des rapports de recherche. Dès 2005, il sera possible d'accéder à la version électronique des rapports en passant par le site Internet de l'OFEN.



Des articles spécialisés traitant de recherche énergétique seront publiés dès 2005 dans *energie extra*, le journal de l'OFEN.

Pour plus d'informations :  
[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)  
 (→ Média)

Bien que la recherche et la formation y aient gagné en visibilité, chaque tâche est restée la même. Mais voilà que les coupes budgétaires et les exercices d'économie de la Confédération contrecarrent les efforts de la CORE et de l'OFEN, qui visaient au contraire à leur renforcement. La position tout à fait respectable de la recherche énergétique suisse doit être maintenue ; c'est pour cela que nous voulons renforcer nos relations avec les organismes privés et publics.

**Quels sont les axes prioritaires de l'OFEN pour la recherche énergétique ?**

Les axes principaux concernant les différentes technologies ont été fixés – au collaboration avec la CORE – dans le *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération*. Chaque programme reçoit ainsi des directives claires. Par ailleurs, nous commandons des recherches pour nos propres besoins dans le cadre des deux programmes suivants : le programme Fondements de l'économie énergétique (EWG), qui s'occupe principalement des perspectives d'avenir des technologies et de questions en rapport avec leur acceptation par le public, et la recherche nationale réglementaire en sécurité nucléaire.

**Les projets de chaque programme de recherche sont de plus en plus imbriqués les uns dans les autres. Comment prendre cette évolution en considération et comment la soutenir ?**

Depuis un certain temps, les considérations globales et la mise sur pied de projets correspondants sont devenues pour nous de la plus haute importance. Nous essayons de plus en plus de lancer des projets recouvrant plusieurs sujets, comme l'optimisation de la gestion de l'énergie dans les quartiers ; nous voulons associer dans nos projets différentes disciplines et différents organismes de recherche ; enfin, pour ce qui concerne la formation, nous voulons promouvoir les visions d'ensemble. Cette dernière tâche commence, à notre avis, déjà à l'école dans les petites classes, pour lesquelles nous avons récemment collaboré à la réalisation d'une brochure d'information.

## Liens Internet

Rapports de synthèse annuels des chefs de programme sur les projets R+D et P+D  
[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)  
 (→ Recherche & formation → Rapports de synthèse des chefs de programme)

Statistique suisse globale de l'énergie et statistiques partielles  
[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)  
 (→ Faits, chiffres et technologies  
 → Statistiques)

## Comment combler le fossé entre la vision d'une "société à 2000 watts" et la réalité quotidienne avec sa consommation énergétique croissante ?

L'objectif d'une telle vision à long terme requiert deux choses : des changements de comportement et de nouvelles technologies qui fassent baisser les besoins énergétiques spécifiques des appareils et des installations. Il faut agir en conséquence au niveau de la recherche et de la mise en œuvre de ses résultats, ainsi qu'à celui de la formation, qu'elle soit de base ou continue. Nous saluons ici l'attitude coopérative de l'économie énergétique privée, des écoles et de l'industrie.

**Quel développement technologique vous impressionne-t-il le plus quand vous y repensez ?**

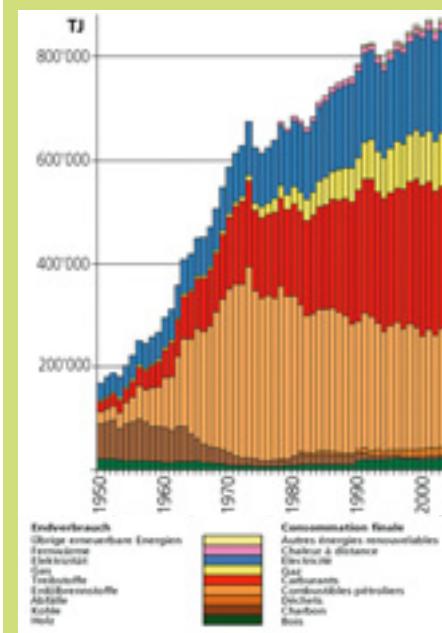
Beaucoup de choses m'ont donné une impression positive, en particulier le succès de la création de nombreuses sociétés résultant de travaux de recherche que l'OFEN a lancés et soutenus. Mais tout aussi marquantes ont été les difficultés à transférer à la pratique d'autres technologies, parce que les entrepreneurs privés étaient trop peu enclins à prendre des risques. Cela souligne aussi l'importance des travaux de notre Office : en tant qu'organisme public, nous devons assurer la préservation du savoir-faire et la continuité des réseaux sur de longues durées. Car, souvent, il faut des années jusqu'à ce que l'industrie introduise sur le marché des résultats de la recherche.

**Dans quels secteurs de la recherche énergétique attendez-vous à l'avenir des percées technologiques et donc des possibilités de diffusion à grande échelle ?**

Dans le secteur traditionnel, je vois encore un fort potentiel d'innovation dans la construction des centrales électriques au gaz et de leurs équipements annexes, avec, comme élément nouveau, la récupération et le stockage du CO<sub>2</sub> produit ("séquestration"). Dans les nouvelles technologies, je parierais sur les chances de développement de tout ce qui est lié à la production, la distribution et à l'utilisation des agents énergétiques non conventionnels, comme le biogaz, le méthanol, l'hydrogène, etc.

## La consommation d'énergie en Suisse

La consommation finale d'énergie en Suisse a été en 2003 de 873'060 térajoule (TJ), soit 2,3 % au-dessus du niveau de l'année précédente. La *Statistique globale suisse de l'énergie 2003* donne le détail de la répartition entre agents énergétiques, ainsi que celui de la consommation des différents groupes de consommateurs. Il en ressort que la consommation des combustibles dérivés du pétrole a augmenté de 4,6 %, celle de l'électricité de 2 %, celle du gaz naturel de 5,6 %, et celle du charbon



Évolution de la consommation finale d'énergie en Suisse, selon les par agents énergétiques.

de 3,3 %, etc. La consommation en agents énergétiques non fossiles (chaleur à distance, déchets, bois de chauffage et sources d'énergie renouvelables) a une nouvelle fois augmenté plus fortement que la moyenne.

Bien que les mesures visant à une utilisation rationnelle de l'énergie aient porté leurs fruits ces dernières années, elles ne sont pas parvenues à enrayer la tendance à l'accroissement de la consommation énergétique. L'évolution démographique, les besoins croissants en surfaces habitables et l'augmentation du nombre de véhicules à moteur sont grandement responsables de cette évolution.

# Nous relevons les défis

Ce que les nouveaux membres de la CORE pensent de l'énergie en général et des conditions-cadres en rapport avec la société

## Andreas Gut

Secrétariat  
de la CORE  
OFEN  
CH-3003 Berne

La Commission fédérale pour la recherche énergétique (CORE) compte trois nouveaux membres depuis le début de 2004. Il s'agit d'Eva Gerber, de la Haute École des arts appliqués de Lucerne, de Rolf Wüsten-

hagen, de l'Institut d'économie et d'énergie de l'Université de St-Gall, et de Pankraz Freitag, chef du Département des travaux publics du Canton de Glaris.

## La mise en œuvre a besoin d'un bon *design*

**Quels thèmes abordez-vous dans le cadre de votre activité professionnelle à la Haute École des arts appliqués (HGK) de Lucerne ?**

**Eva Gerber**: En tant que membre de la direction, je dirige l'*Institut Relais* en charge du transfert des connaissances et de la technologie, c'est-à-dire de la recherche appliquée et du développement, de la formation continue et des services. Membre du comité directeur du *Swiss Design Network (SDN)*, je participe en outre à la mise en place – au niveau national – de la recherche dans le domaine du *design*.



*Eva Gerber: "Se comporter en respectant les critères de la durabilité ne doit pas rester l'apanage de la classe moyenne supérieure, mais doit devenir évident pour tout le monde."*

**Comment se fait-il que vous vous occupez de recherche énergétique ?**

Le développement durable est un domaine que je côtoie depuis quelques années. J'ai pris conscience de son importance alors que j'étais encore politicienne au niveau cantonal; il s'agissait alors de définir

des "garde-fous" légaux dans le domaine énergétique. Directrice du *Prix suisse du design* et du *Design Center*, j'ai toujours été d'avis que l'élaboration de produits et de prestations durables est un critère essentiel de bon *design*, car les appareils de rendement élevé doivent aussi refléter la créativité s'ils veulent s'imposer sur le marché. Enfin, à l'*Institut Gottlieb Duttweiler*, je me suis investie dans la durabilité économique, écologique et sociale de l'activité économique, dont le mot-clé est *Sustai-*

*nable Business* (faire des affaires en respectant la durabilité).

**Que pensez-vous du rôle et du travail de la CORE ?**

Ses membres sont vraiment très compétents dans leurs disciplines respectives. À mon avis, il s'agit de faire la synthèse de ces compétences afin d'obtenir une vision d'ensemble et de conseiller les pouvoirs publics en matière de planification de la recherche pour les années à venir.

**Vous vous occupez de questions relevant des sciences sociales. Quels rapports voyez-vous ici avec l'énergie ?**

La durabilité concerne autant, sinon plus, la politique sociale que la technologie. La connaissance des faits, en elle-même, ne modifie pas les comportements, bien que ces changements soient aussi nécessaires que toutes les améliorations techniques. Il faut, d'une part, inciter personnellement les consommateurs d'énergie à modifier leur comportement vis-à-vis de celle-ci et, d'autre part, modeler les conditions-cadres lors du processus politique de décision, de façon telle que le gaspillage de l'énergie n'en vaille plus la peine.

**En tant que responsable du transfert des connaissances et de la technologie à la HGK, vous vous occupez aussi de projets consacrés à la mise en œuvre. Pouvez-vous d'ores et déjà discerner des parallèles avec le domaine de l'énergie ?**

Le "design didactique" est l'un des points essentiels de nos compétences. Il s'agit en l'occurrence de faire passer efficacement des messages et leur contenu. Nos graphistes ont, entre autres, travaillé avec la

## Liens Internet

CORE  
[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)

(→ Recherche & formation → Organisation de la recherche énergétique → Commission fédérale pour la recherche énergétique et/ou Stratégie de la recherche énergétique)

Haute École des arts appliqués de Lucerne (HGK)  
[www.hgk.fhz.ch](http://hgk.fhz.ch)

Département des travaux publics du Canton de Glaris  
[www.gl.ch](http://www.gl.ch)  
(→ Regierung und Verwaltung)

Institut d'économie et d'écologie de l'Université de St-Gall  
[www.iwoe.unisg.ch](http://iwoe.unisg.ch)

HES de Lucerne/BRENET au projet *Les atriums du futur*. Les créateurs avaient pour mission de présenter les connaissances acquises de manière telle qu'elles attirent l'attention des investisseurs, des maîtres d'ouvrage, des concepteurs-projeteurs et des exécutants. Ils ont ainsi contribué à faire passer la théorie dans la pratique.

**Souvent, en ce qui concerne l'utilisation de l'énergie, l'influence des conditions socio-économiques semble plus grande**

**que celle de la technologie. Quelles mesures préconisez-vous pour atteindre les objectifs fixés en matière de durabilité ?** Lorsque – tout compte fait – les efforts à consentir et les coûts sont plus élevés, seule une petite partie de la population répondra à des appels moralisateurs et modifiera ses comportements. Un comportement durable ne doit toutefois pas rester l'apanage de la seule classe moyenne supérieure, qui a bénéficié d'une bonne formation. Il doit devenir tout à fait naturel, comme si l'on ne

trouvait plus aujourd'hui au supermarché Coop que des bananes munies du label "Max Havelaar". Cela revient à dire qu'il est nécessaire d'augmenter le coût de l'énergie afin de guider le consommateur, d'instaurer un système de bonus-malus sur les taxes d'importation des automobiles, etc. Voilà qui nous ramène à la question centrale : comment faire passer au plan politique des mesures touchant la société dans son ensemble ?

## Saisir les opportunités économiques du domaine de l'énergie

**Quels sujets abordez-vous dans le cadre de votre activité professionnelle à l'Institut d'économie et d'écologie de l'Université de St-Gall (HSG) ?**

**Rolf Wüstenhagen :** L'expression *Venturing for Sustainable Energy* (prendre des risques pour l'énergie durable) résume bien l'essentiel de ma recherche. J'analyse tout ce qui touche à l'énergie durable du point de vue de l'innovation dans la gestion d'entreprise, en tenant compte bien sûr des relations avec les autres disciplines. Il s'agit surtout de comprendre comment les organisations du domaine de l'énergie innovent et comment ces innovations doivent être commercialisées pour rencontrer le succès escompté.

**Quelle importance revêt la recherche énergétique au sein de vos activités ?**

Je conçois mon travail comme une recherche énergétique dans la perspective des sciences sociales. En général, quand on parle de "recherche énergétique", on pense surtout à la recherche technologique. Dans cette perspective relevant des sciences de l'ingénieur, on constate, à regret, que la Suisse produit souvent de remarquables innovations technologiques sans pour autant les mettre en œuvre. C'est sur ce point que se concentre ma recherche, à savoir : que se passe-t-il lorsqu'un produit passe du laboratoire au marché ? Comment organiser le marché pour que les technologies énergétiques durables puissent y être diffusées avec succès ? Je suis d'avis qu'il y a encore beaucoup à faire pour rattrapper le retard dans ce domaine, tant dans la recherche que dans l'enseignement.

**Que pensez-vous du rôle et du travail de la CORE ?**

La CORE est un organisme passionnant, qui réunit en son sein beaucoup de connaissances techniques du domaine de l'énergie et qui permet à des intervenants issus de domaines différents de la société de se rencontrer autour d'une même table. En tant que nouveau membre, je vois plusieurs défis. Tout d'abord, le mandat confié à la CORE est défini de manière très large. Par ailleurs, il y a une contradiction entre la vision d'un approvisionnement durable en énergie et un environnement caractérisé par une diminution substantielle des moyens financiers mis à disposition par la Confédération et par les Cantons.

**Quelles sont les conditions à remplir pour que les changements nécessaires au niveau des technologies de l'énergie puissent intéresser les investisseurs et favoriser le développement d'entreprises ?**

Pendant les trois ans durant lesquels j'ai travaillé pour un fonds de capital-risque suisse consacré au domaine de l'énergie, nous n'avons réalisé aucun investissement dans notre pays ! Cela me fait réfléchir. Même s'il n'existe pas d'explication simple à cette constatation, il y a – à mon avis – deux facteurs qui jouent un rôle important en l'espèce. D'une part, il n'y a pas de marché intérieur favorable à l'énergie durable ; d'autre part, l'esprit d'entreprise fait en partie défaut. L'importance d'un marché intérieur qui fonctionne bien a été mise en évidence, notamment, par l'industrie danoise des turbines éoliennes. Au début des années 90, les mesures de soutien du gouvernement en faveur de l'énergie éolienne

ont permis aux fabricants danois de prendre de l'avance en ce qui concerne la technologie et l'expérience du marché. Cela leur a été nettement profitable au moment d'aborder les marchés internationaux. À l'heure actuelle, plus de 9 turbines sur 10 sont exportées et les entreprises danoises jouent encore dans la *Champions League* du secteur éolien. En ce qui concerne maintenant l'esprit d'entreprise, il nous faut, d'une part, davantage d'ingénieurs qui soient



*Rolf Wüstenhagen : "Comment faire pour que les organisations du domaine de l'énergie innovent et comment commercialiser avec succès ces innovations ?"*

prêts à oser le passage du laboratoire à la pratique, ainsi que, d'autre part, plus de *managers* qui comprennent les opportunités qu'offre le secteur énergétique et qui les saisissent. J'espère pouvoir contribuer à améliorer tant soit peu ce dernier aspect de la question par le biais de mon travail à l'Université de St-Gall.

**Quelles mesures proposez-vous pour que l'économie et l'écologie puissent contribuer ensemble à la réalisation des objec-**

**tifs fixés en matière de production et d'utilisation de l'énergie ?**

Le meilleur moyen pour élargir de manière durable l'assise commune de l'économie et de l'écologie dans le domaine énergétique est de prendre en compte les coûts externes, c'est-à-dire de les "internaliser" en augmentant les prix de l'énergie – suivant en cela les méthodes de l'économie de marché – par l'introduction d'une taxe sur le CO<sub>2</sub> ou sur l'énergie. De nombreux investissements se situant actuellement à la limite de la ren-

tabilité deviendront rentables lorsque les prix de l'énergie augmenteront. Mais il ne faut pas attendre qu'une brusque augmentation du prix du pétrole ou que des changements climatiques notoires engendrent une augmentation abrupte des prix, car il sera alors probablement trop tard pour que l'économie puisse s'adapter de manière adéquate à cette nouvelle situation. Une politique clairvoyante devrait avoir le courage de rassurer les investisseurs dans leur planification, par des signaux sans équivoque.

## Influencer les choix stratégiques et les priorités

**De quelles spécificités cantonales devez-vous tenir compte lors de votre activité en tant que chef du Département des travaux publics du Canton de Glaris ?**

**Pankraz Freitag**: Le Canton de Glaris est un canton de montagne. L'énergie produite sur place provient du bois et surtout de la force hydraulique. Dans notre Canton fortement industrialisé, nous essayons aussi de fixer des priorités technologiques, comme, par exemple, avec les bus au gaz naturel qui circulent dans la plaine de la Linth.

**Vous êtes membre de la CORE depuis le début de l'année. Quel est votre rapport avec la recherche énergétique ?**

Je suis mathématicien de formation, avec la biologie et la physique comme branches secondaires. Au cours des dernières années, je me suis intéressé, à différents niveaux, à des sujets ayant trait à l'énergie, pour lesquels je me suis également engagé. La recherche énergétique m'intéresse beaucoup et en particulier la mise en œuvre de ses résultats.

**Que pensez-vous du rôle et du travail de la CORE ?**

La CORE est un lieu où se rencontrent des experts de premier plan provenant d'horizons divers. Ils y débattent des sujets importants pour l'avenir. Par les conseils qu'ils donnent au DETEC, ils influencent les choix stratégiques et la définition des priorités de la recherche énergétique et celle de sa mise en œuvre. À mon sens, les travaux de la Commission se développent bien et, pour ma part, je suis en train de parfaire ma mise au courant.

*Pankraz Freitag, membre de la CORE et chef du Département des travaux publics du Canton de Glaris, remet le certificat Minergie-P du bâtiment Solvita à Mollis (GL) à Bea Göltenboth et Beni Giger.*  
(Photo : Minergie)



**Vous représentez, au sein de la CORE, les Conseillers d'État en charge des questions énergétiques. Malgré des conditions différentes dans chaque Canton, ces Conseillers d'État ont-ils à la base, selon vous, une attitude commune ?**

J'ai été approché personnellement et n'ai reçu aucun mandat de la Conférence des Conseillers d'État en charge des questions énergétiques. Mais je me vois tout à fait comme représentant des Cantons, qui sont compétents dans le secteur du bâtiment et qui financent à bonne mesure la recherche et des projets pilotes. Pour ce qui est de l'attitude commune – sans perdre de vue toutes les différences –, il me semble que tous mes collègues seront d'accord qu'il convient surtout de promouvoir les sources d'énergie renouvelables indigènes, l'efficacité énergétique et le développement technologique en Suisse même, et qu'il faut égale-

ment mettre l'accent sur l'application des mesures décidées et sur la mise en œuvre des innovations.

**Comment jugez-vous le soutien que vous recevez de la Confédération dans votre fonction de Conseiller d'État en charge du Service glaronnais de l'énergie ?**

Je suis très satisfait. Nous obtenons sans difficulté les informations que nous désirons. Lorsque l'OFEN visite les Cantons, les questions peuvent être élucidées directement sur place. Nous avons un bon échange. Il nous manque, certes, une politique énergétique suisse claire et consistante, mais on ne peut pas simplement reprocher cet état de fait à la Confédération.

# Une base pour des perspectives

Les données économiques et sociales servent de point de départ à l'analyse des systèmes énergétiques du futur

**Lukas Gutzwiller**

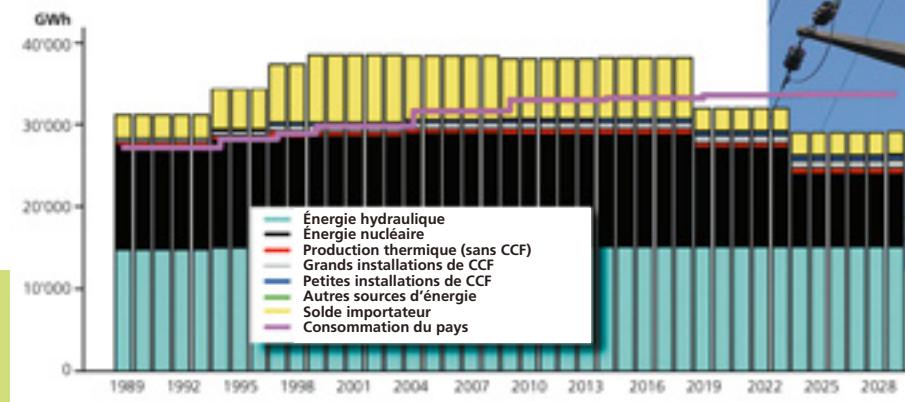
Chef du programme  
Fondements de  
l'économie énergé-  
tique à l'OFEN

Quelles sont les perspectives de la Suisse en matière d'énergie ? Telle est la question que le programme Fondements de l'économie énergétique (EWG) de l'OFEN aborde en priorité, à côté d'autres sujets d'importance pour l'énergie. Ce programme s'occupe essentiellement des conditions-cadres de la politique énergétique dans les quatre secteurs que sont les ménages, les transports, l'économie et l'approvisionnement en énergie (secteur de la conversion d'énergie). À cela s'ajoutent les deux secteurs pluridisciplinaires que sont la "Vision 2050" – un objectif stratégique du *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération* – et le transfert de technolo-

gie. En règle générale, dans les projets correspondants, les questions économiques et sociales sont analysées sur la base des données techniques en appliquant des méthodes appropriées, avec, pour objectif, l'énoncé de recommandations indiquant la voie à suivre.

## Des scénarios pour le long terme

Les perspectives en matière d'énergie sont des options de politique énergétique pour le long terme. Ces options doivent être défini-



## Un atelier qui clarifie les perspectives

Un atelier consacré à l'avenir de l'offre d'électricité a eu lieu à Berne le 2 juillet 2004, dans le cadre du projet de l'OFEN consacré aux perspectives énergétiques pour 2035. Tous les secteurs technologiques connus à l'heure actuelle y ont été passés sous la loupe, avec un examen de leurs potentialités. L'augmentation constante de la demande en électricité et la fin de l'exploitation des centrales nucléaires actuelles laissent présager un approvisionnement insuffisant. Pour combler ce déficit, il existe un vaste éventail de systèmes techniques, qu'il est aussi possible de combiner entre eux. Bien que toutes les technologies enregistrent des progrès considérables, elles ne répondent pas toutes aux critères de durabilité.

En ce qui concerne la production d'électricité à partir des "nouvelles" sources d'énergie renouvelables – soit à l'exception de la force hydraulique –, on note en général des prix de revient élevés et actuellement encore une contribution limitée à l'approvisionnement du pays. L'électricité photovoltaïque et celle produite par le biais de la biomasse et de la géothermie présentent des potentialités, certes, mais sont encore en voie de développement. La géothermie, en particulier, représente une source d'énergie particulièrement intéressante, quantitativement parlant. D'un point de vue technique, l'objectif qui consisterait à produire, d'ici 2035, 10 % de l'électricité à partir de ces "nouvelles" sources d'énergie renouvelables, petits aménagements hydroélectriques et biomasse compris, semble tout à fait réaliste.

Les "Perspectives énergétiques 2035" examinent les possibilités techniques qui permettront de combler le déficit probable dans l'approvisionnement de la Suisse en électricité. Ici, la situation en hiver. Le déficit prévisible suite à l'arrêt des centrales nucléaires après 50 et 60 ans d'exploitation, resp., est clairement visible (Prognos 2001).

Vue d'ensemble des divers exposés présentés à l'atelier sur l'avenir de l'offre d'électricité :  
**[www.energie-perspektiven.ch](http://www.energie-perspektiven.ch)**

nies en tenant compte des contradictions pouvant exister entre les quatre objectifs fondamentaux en rapport avec l'approvisionnement énergétique: celui-ci doit être suffisant et sûr, économiquement optimal, respectueux de l'environnement et accepté par la société. En ce qui concerne la garantie d'un approvisionnement suffisant, il s'agit d'assurer aussi bien la capacité de production de l'électricité que celle de la distribution des énergies de réseau.

De quelles conditions-cadres faut-il tenir compte lors de l'élaboration des perspectives énergétiques? En premier lieu, les pronostics de l'évolution mondiale du prix



de l'énergie sont déterminants; viennent ensuite les prévisions en matière d'évolution démographique, de croissance économique et de changement climatique. C'est sur la base de ces données que des scénarios peuvent être mis au point.

Au premier plan des scénarios basés sur la politique énergétique se trouve celui de référence, dans lequel on admet qu'on continue à appliquer les mesures prévues par la loi sur l'énergie, avec la même intensité, et qu'on adapte lentement les standards. On y distingue deux variantes, avec et sans la taxe sur le CO<sub>2</sub>. Le second scénario de ce groupe suppose, en outre, l'application de mesures volontaires, avec un renforcement modéré seulement des standards du bâtiment.

Les scénarios visant des objectifs précis s'appuient en premier lieu sur une réduc-

tion progressive préétablie des émissions de CO<sub>2</sub>. Ils se basent également sur les éléments principaux de la vision d'une "société à 2000 watts", qui prévoit de réduire, d'ici 2050, la consommation d'énergie au tiers de sa valeur actuelle et les émissions de CO<sub>2</sub> à long terme à une tonne par habitant et par an. Fondamentalement, la perspective 2050 de l'OFEN découle des objectifs de développement durable de la Confédération. Les travaux effectués dans ce sens sur les scénarios doivent servir à étayer le débat politique et la recherche énergétique, tout en facilitant la prise de décisions stratégiques.



## Optimiser davantage la mise en œuvre dans le domaine de l'énergie

D'après la loi fédérale sur l'énergie, les Cantons ont la charge du domaine du bâtiment et de l'application de leur législation cantonale. Dans les années à venir, on s'attend à ce que les activités de construction et de rénovation se déplacent des villes vers des communes plus petites. Vu les moindres ressources de ces dernières en personnel disponible pour la mise en œuvre, personnel qui, de plus, n'a pas toujours la formation professionnelle requise, on peut prévoir une aggravation du déficit actuellement déjà constaté dans cette mise en œuvre des dispositions légales.

C'est pourquoi l'OFEN a financé une analyse de l'efficacité de l'application de la législation sur l'énergie. Le but de cette étude était d'examiner la faisabilité de nouvelles approches susceptibles de remédier à cette situation, en s'appuyant sur les bases légales en matière de responsabilité civile et sur les normes édictées par les associations professionnelles.

### Différentes qualités de mise en œuvre

La qualité de la mise en œuvre de la législation varie d'un Canton à l'autre et ne dépend pas du modèle adopté pour celle-ci. Tous les modèles permettent d'atteindre d'excellents résultats. Dans la plupart des cas examinés, le contrôle des projets, c'est-

à-dire la vérification des justificatifs énergétiques, est complet et correct. Mais le plus souvent, les contrôles de l'exécution adéquate des travaux, sur les chantiers, sont trop rares. Les maîtres d'ouvrage concernés et le secteur de la construction en général ne sont guère informés de cette activité de contrôle. Et lorsque des défauts sont découverts en cours de construction, les procédures qui les sanctionnent sont longues et induisent des coûts considérables pour les autorités responsables de la mise en œuvre des dispositions légales.

Il y a de nombreuses raisons à la qualité énergétique médiocre des bâtiments construits. Les plus fréquentes sont la prise en compte trop tardive des aspects énergétiques lors de l'étude du projet (la norme SIA 380/1 n'est pas utilisée comme instrument d'optimisation), une assurance qualité souvent insuffisante lors de cette étude (coordination des différents intervenants, problèmes de coopération, etc.), ainsi que la formation parfois insuffisante des concepteurs. Il est impossible d'éliminer ces défauts par des mesures relevant du droit public.

### Le rôle des normes dans l'étude du projet et l'application de la législation

Comment être sûr que les normes en vigueur seront appliquées au cours de l'étude du pro-

jet et pendant l'exécution des travaux, afin d'augmenter l'efficacité énergétique? Tandis que les services officiels s'occupent du contrôle et de l'application des exigences légales – qui relèvent du droit public – relatives au bâtiment et aux installations, les normes des associations professionnelles définissent les règles de l'art de la construction qui, en général, servent de base au contrat de droit privé liant le maître de l'ouvrage et le concepteur ou l'entrepreneur.

Ces normes ne jouent un rôle dans l'application des dispositions légales que si le législateur les a déclarées obligatoires et que, dès lors, elles font donc partie du droit public. Pourtant, dans la pratique, ces normes déclarées obligatoires ne sont généralement pas prises en considération lors de cette mise en œuvre, à l'exception du justificatif d'isolation thermique.

### Des mesures pour améliorer la mise en œuvre de la législation sur l'énergie

Plusieurs éléments intéressants susceptibles d'améliorer le respect des dispositions légales ont été identifiés. Déclarer la norme SIA 118

## Une collaboration en réseau comme base de travail

Au point de départ commun des travaux de la recherche sur les fondements de l'économie énergétique, figurent, d'une part, la pluridisciplinarité, c'est-à-dire l'intégration de différents domaines techniques, et, d'autre part, la "transdisciplinarité", soit le fait d'aller au-delà de la discipline prise en considération, le tout ayant pour prémisses des questions relevant de la société en général. Une collaboration intense en réseau se poursuit entre centres de recherche privés, Universités, EPF, Hautes Écoles spécialisées et instituts divers. En fonction des besoins, les Cantons et leurs Services de l'énergie, ainsi que les associations professionnelles peuvent aussi être associés aux travaux. La participation de groupes d'accompagnement permet d'intensifier le

suivi des projets et de tenir dûment compte des compétences professionnelles des praticiens et des milieux scientifiques.

## Une nouvelle structure

Actuellement, le programme Fondements de l'économie énergétique élabore une nouvelle structure détaillée des thèmes de recherche, structure qui devrait faciliter la classification des projets et qui correspondra mieux aux secteurs de SuisseEnergie et aux études prospectives.

## Liens Internet

Le programme de recherche Fondements de l'économie énergétique, avec une vue d'ensemble des projets et des publications

[www.ewg-bfe.ch](http://www.ewg-bfe.ch)

Perspectives énergétiques

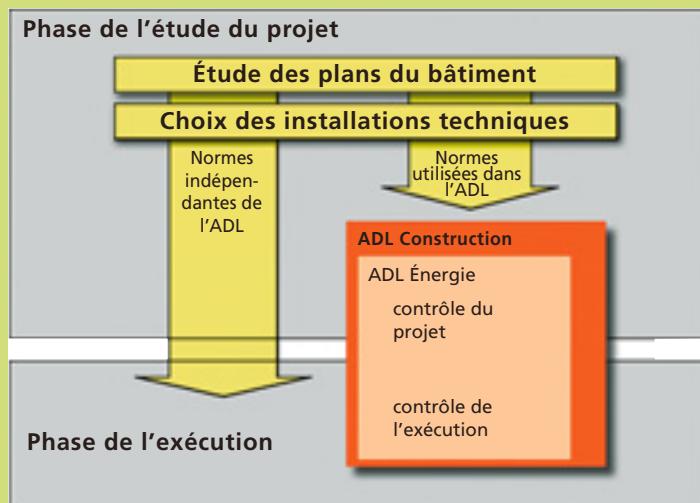
[www.energie-perspektiven.ch](http://www.energie-perspektiven.ch)



partie intégrante du contrat faciliterait l'obtention de dommages et intérêts dans les cas où la responsabilité des entreprises est engagée, car il en résulterait une inversion du fardeau de la preuve : il n'appartiendrait plus aux maîtres d'ouvrage de prouver que les

entreprises ont fait des erreurs, mais aux entreprises de démontrer qu'elles ont travaillé dans les règles de l'art. En l'espèce, ce sont les normes SIA qui définissent les règles de l'art de la construction.

À l'avenir, ce seront particulièrement les Cantons comptant de nombreuses petites communes qui continueront à être confrontés à des problèmes de mise en œuvre. Une régionalisation des organismes de contrôle ou la délégation de ces contrôles à des institutions privées pourrait alléger la tâche des municipalités tout en améliorant la qualité. En outre, les instances responsables devraient mieux faire connaître leurs activités de contrôle sur les chantiers. Elles devraient informer, d'une part, les maîtres d'ouvrage, même si aucune contestation n'a été formulée, et, d'autre part, le public, auquel elles devraient rendre des comptes.



*Schéma du déroulement de l'application des dispositions légales (ADL) en matière de construction, avec indication des normes et des instruments pris (ou non) en considération.*

Rapport final :

*Optimierung Energievollzug und Anwendung der SIA-Normen Gebäude* (Optimisation de la mise en œuvre de la législation sur l'énergie et application des normes SIA du bâtiment) ; R. Dettli, M. Baur, B. Signer (econcept), P. Renaud, C. Wermeille (Planair), OFEN, 2003.

N° ENET : 230220

Peut aussi être commandé à :

[www.bundespublikationen.ch](http://www.bundespublikationen.ch)

N° 805.560.d

# Faire “travailler” l’énergie solaire

À la recherche de différents procédés de conversion et de stockage de l’énergie solaire

## Armin Reller

Chef du programme Chimie solaire/Hydrogène de l’OFEN  
c/o Université d’Augsburg  
DE-86159 Augsburg

## Alphons Hintermann

Responsable du domaine Chimie solaire/Hydrogène à l’OFEN

Le problème, quand on utilise l’énergie solaire, est que le lieu et l’heure de la disponibilité du rayonnement ne coïncident souvent pas avec les besoins énergétiques du moment. C’est pourquoi, il faut trouver le moyen de convertir cette énergie en une forme qui puisse être stockée et transportée. Dans le programme de recherche Chimie solaire/Hydrogène, l’accent est mis sur la production, avec un bon rendement, de substances au contenu énergétique ou au pouvoir calorifique élevé, comme les métaux ou l’hydrogène, en utilisant les hautes températures ou des procédés catalytiques.

## Trois domaines de recherche

Le programme comprend les trois sujets de recherche suivants : 1) dans la production d’hydrogène ou de substances de valeur au moyen de l’énergie solaire, il s’agit de dé-

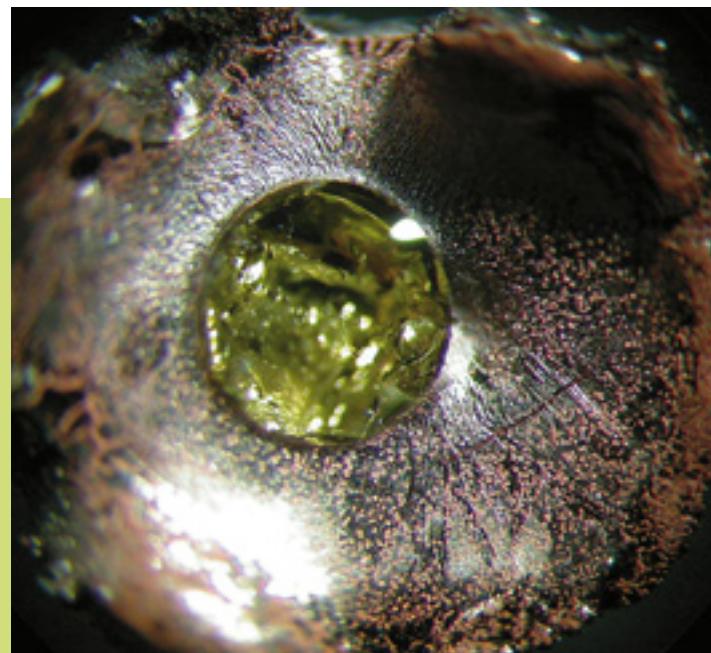
terminer les procédés utilisables, ainsi que leurs limites, en fonction du niveau de température considéré ; 2) pour ce qui est de la technologie de l’hydrogène, on étudie des méthodes de production techniquement réalisables et basées sur des sources d’énergie renouvelables ; 3) enfin, dans le domaine des technologies complémentaires, il s’agit de développer, pour la valorisation des sources d’énergie renouvelables, des procédés de bon rendement et des matériaux fonctionnels taillés sur mesure.

La production d’hydrogène à l’aide de sources d’énergie renouvelables, donc du même coup sans effet aucun sur le climat, est sans doute l’un des problèmes les plus

## Du cuivre en une seule étape

À côté du cycle zinc/oxyde de zinc, qui constitue le point central du programme, on étudie d’autres réactions intéressantes de production solaire de métaux, comme, par exemple, celle du cuivre.

Près de 80 % de la production mondiale de cuivre se fait par traitement à sec, en plusieurs étapes, à partir du minerai cuiprifer, la chalcosine ou sulfure de cuivre. Pour ce faire, on a besoin de 7 kWh environ d’énergie thermique par kg de cuivre brut obtenu. On produit ainsi en même temps du dioxyde de soufre ( $SO_2$ ) et du dioxyde de carbone ( $CO_2$ ). Dans le nouveau procédé qu’étudie un groupe de chercheurs de l’Institut Paul Scherrer (PSI), la transformation héliothermique du sulfure de cuivre en cuivre métallique est di-



Résultat d’une recherche intensive : la conversion héliothermique directe du minerai de sulfure de cuivre. Coup d’œil au laboratoire : échantillon de sulfure de cuivre partiellement décomposé avec du cuivre et du quartz sur du sulfure de cuivre décomposé. (Photo : PSI)



Le four de 40 kW de l'Institut Paul Scherrer (PSI) pour les projets de chimie solaire utilise un miroir plan pivotant et un miroir parabolique fixe pour la concentration du rayonnement solaire. (Photo: PSI)

urgents, mais aussi les plus ardu斯 que l'on ait à résoudre aujourd'hui. Et cela d'autant plus qu'on place dans cet agent énergétique secondaire des attentes élevées. À côté de la décomposition de l'eau – par voie héliothermique, électrolytique ou photocatalytique –, on étudie aussi l'exploitation de la biomasse. Parallèlement, des travaux sont aussi en cours, qui ont pour objectif des technologies de stockage et de transport à la fois sûres et économiquement rentables. Ce n'est qu'à partir de résultats convaincants, avec, notamment, un rendement rai-

sonnable pour l'ensemble de la chaîne, que des concepts judicieux visant à une diffusion plus grande de l'utilisation de l'hydrogène pourront être élaborés. *Hydropôle*, le réseau suisse pour l'hydrogène, encourage les synergies entre la recherche, le développement et la mise en œuvre de la technologie de l'hydrogène. Cette plate-forme d'information veut réunir intervenants et milieux intéressés, et coordonner de manière ciblée les activités visant à la production, au stockage et à l'utilisation de l'hydrogène.

### L'hydrogène, un sujet aux ramifications internationales

La décomposition de l'eau en hydrogène et oxygène, avec des cycles rédox métal/oxyde métallique réversibles à plusieurs étapes, fait partie des activités de recherche importantes soutenues par le programme de l'OFEN. Dans le domaine du stockage de l'hydrogène, trois systèmes font actuellement l'objet d'études: les réservoirs à gaz liquide qui demandent des températures extrêmement basses, les réservoirs à hydrures métalliques et ceux à gaz sous pression.

Ces projets de recherche sont aussi, pour la plupart, des éléments d'une collaboration à l'échelle mondiale. Au niveau de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), des représentants de la Suisse sont présents dans le programme "Solar Power And Chemical Energy Systems (PACES)" et aussi "Photo-electrolytic Production of Hydrogen",

recte. Dans un four solaire à flux intense, en atmosphère inerte, on atteint la température nécessaire de 1900 à 2200 °C. Des expériences ont confirmé que, dans ces conditions, il y a décomposition directe du sulfure de cuivre en cuivre et soufre élémentaires. On pourrait ainsi se passer des procédés habituels en plusieurs étapes et, par là, éviter les deux produits secondaires indésirables ( $SO_2$  et  $CO_2$ ). En outre, l'ensemble du procédé requiert moins d'énergie et produit moins de poussières que le grillage du sulfure de cuivre. Pour l'heure, les efforts portent surtout sur l'industrialisation de ce nouveau procédé, mais on essaie déjà de l'appliquer à la production d'autres métaux non-ferreux.

Le Laboratoire des technologies solaires du PSI  
<http://solar.web.psi.ch>  
 (→ Research)

### Liens Internet

Travaux de recherche en chimie solaire au PSI et dans les EPF de Zurich et de Lausanne :

<http://solar.web.psi.ch>  
[www.pre.ethz.ch](http://www.pre.ethz.ch)  
<http://isic.epfl.ch>

*Hydropôle* – Réseau suisse pour l'hydrogène  
[www.hydropole.ch](http://www.hydropole.ch)

Le programme SolarPACES de l'AIE  
[www.solarpaces.org](http://www.solarpaces.org)

Le programme Hydrogène de l'AIE  
[www.ieahia.org](http://www.ieahia.org)

"Storage of Hydrogen in Metalhydrides and Nanocarbons" et "Case Studies of Integrated Systems". C'est grâce à cette coopération scientifique reposant sur une large assise internationale, que le savoir-faire des instituts suisses peut être maintenu à son niveau élevé.

### Des compétences pour le développement de procédés durables

Dans le domaine de la chimie solaire et de l'hydrogène, les chercheurs suisses disposent de réelles compétences scientifiques et techniques. Par exemple, trois procédés de production d'hydrogène basés sur des sources d'énergie renouvelables sont utilisés : la décomposition de l'eau par les voies photocatalytique et héliothermique, respectivement, ainsi que l'électrolyse de l'eau sous haute pression (par exemple, dans l'entreprise Djévahirdjian à Monthey).

Avec le développement du cycle héliothermique zinc/oxyde de zinc, on dispose maintenant d'un procédé très prometteur, selon les experts internationaux, qui est une contribution importante sur la voie menant à une économie basée sur le recyclage. La recherche d'une méthode de production d'hydrogène en accord avec le principe de durabilité conduit aussi à de nombreux procédés et produits secondaires qui, à leur tour, représentent un potentiel exploitable intéressant.

# La tradition a du bon

La recherche travaille sur une conversion plus efficace de la biomasse en chaleur, électricité et carburant

## Bruno Guggisberg

Responsable du domaine Biomasse à l'OFEN

## Daniel Binggeli

Responsable du domaine Bois à l'OFEN

Si l'utilisation de la biomasse a une histoire, elle a aussi un futur très prometteur. L'exploitation des installations en service en Suisse a montré clairement l'importance primordiale des conditions-cadres pour une utilisation rentable de la biomasse. D'où l'intérêt des questions suivantes :

- Introduira-t-on dans un délai utile une taxe sur le CO<sub>2</sub> d'un montant adéquat ?
- Pour l'injection, dans le réseau public, de l'électricité produite notamment à partir de la biomasse, les tarifs nécessaires à la couverture des frais de production sont-ils réalistes ?
- Les obstacles, comme ceux relevant de l'aménagement du territoire, peuvent-ils être aplatis ?

## Mieux mettre à profit les potentialités

Les deux programmes de recherche de l'OFEN, sur le bois et sur la biomasse en général, se concentrent sur la conversion efficace en chaleur, électricité et carburant, de la biomasse disponible. Dans ces trois

cas de figure, la biomasse peut fournir une importante contribution à un approvisionnement indigène sûr et ainsi soutenir efficacement les efforts de substitution. Alors qu'aujourd'hui, on tire de la biomasse une quantité d'énergie qui n'est que d'environ 40 PJ, on souhaite exploiter d'ici à 2040 un potentiel de biomasse utilisable écologiquement de plus de 125 PJ. Le potentiel théorique est même nettement plus élevé; il est déterminé par la superficie limitée de notre Pays, par l'utilisation qui est faite du sol et par la croissance annuelle de la biomasse en fonction des conditions climatiques.

Les projets de recherche doivent déboucher sur une optimisation des procédés et des systèmes touchant à l'ensemble des flux de biomasse. Les coupes budgétaires drastiques font de la réalisation de nouvelles installations pilotes et de démonstration –



La nouvelle méthode de comparaison de systèmes énergétiques différents permet d'estimer la durabilité d'un processus donné, considéré dans son ensemble; elle est applicable, notamment, aux installations automatiques de chauffage au bois.

## Comparaisons de systèmes à l'aide du facteur de foisonnement énergétique

Dans le cadre de la participation de la Suisse au Programme *Bioenergy* de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), une méthode de comparaison de systèmes énergétiques différents a été développée au cours du projet de bioénergie intitulé *Biomass Combustion and Co-firing* (soit la Tâche 32). En calculant, d'une part, le total de l'énergie investie sous différentes formes dans la construction d'un système et, d'autre part, sa production totale d'énergie au cours de sa durée de vie, on détermine son facteur de foisonnement énergétique (*Energie-Erntefaktor*) qui donne une indication sur sa durabilité et permet, par comparaison avec d'autres systèmes, de se faire une opinion objective du système considéré. Pour le chauffage au bois avec des bûches, des copeaux ou des granulés, on a pris en comp-

te les étapes de prétraitement et tous les paramètres successifs ayant une influence sur le bilan d'énergie, à savoir, la préparation du bois, les distances de transport, le rendement des installations, la distribution de la chaleur, etc. Il est alors possible de définir un facteur de foisonnement énergétique : c'est le rapport entre l'énergie utile produite et l'énergie primaire investie (ou ressource). La classification obtenue pour les différents combustibles et procédés de production permet d'évaluer les systèmes susceptibles d'être les plus durables. Les analyses montrent, entre autres, que les installations de chauffage au bois peuvent atteindre un facteur de foisonnement énergétique de l'ordre de 10 et ainsi avantageusement remplacer les chauffages traditionnels utilisant des combustibles fossiles.



Le ballon au biogaz décolle. Il sert de support publicitaire pour une source d'énergie à portée de main, provenant de déchets et de sous-produits. Avec son volume de 3'400 m<sup>3</sup>, le ballon HB-QKR peut emmener trois passagers.

Pour plus d'informations :  
[www.biomasseenergie.ch](http://www.biomasseenergie.ch)  
 (Photo: Photopress/EBP SA)

C'est avec ce sujet que Thomas Nussbäumer, de la société Verenum, à Zurich, a ouvert le 8<sup>e</sup> Symposium sur l'énergie du bois, qui s'est tenu le 15 octobre 2004 à Zurich.

Rapport final :  
*Evaluation of Biomass Combustion based Energy Systems by Cumulative Energy Demand and Energy Yield Coefficient*;  
 Th. Nussbäumer, M. Oser, Verenum Zurich, 2004

Pour télécharger :  
 N° ENET 240015  
 ou  
[www.ieabcc.nl](http://www.ieabcc.nl)  
[www.verenum.ch](http://www.verenum.ch)

si importantes pour le transfert de la technologie à la pratique – un véritable défi.

### Une grande diversité de procédés concrets

Les axes prioritaires des deux programmes de recherche portent sur une plus grande utilisation de la biomasse des forêts et de celle des terres en friche, sur l'optimisation des flux de matières d'origine biogène, et sur l'amélioration du rendement global des différentes technologies utilisables.

Bien que l'on travaille seulement sur trois technologies de conversion de base – l'incinération, la gazéification et la fermentation –, la combinaison des différents procédés conduit à une diversité considérable, selon la matière première, la forme d'énergie en laquelle celle-ci doit être transformée et la chaîne de procédés utilisée.

Au chapitre de la conversion thermochimique, c'est-à-dire l'incinération ou la gazéification du bois, plusieurs projets de recherche ont été conduits sur l'incinération. Ils ont porté sur la réduction des émissions de poussières par une conception adéquate des incinérateurs, sur l'assurance qualité, sur l'optimisation systémique des chaudières à bois automatiques et sur la mise en place d'un Centre d'essai accrédité pour les chaudières et poêles à bois et pour leur homologation. Ce dernier est le résultat d'une collaboration entre le Centre écologique de Langenbruck et les Hautes Écoles spécialisées des deux Bâle et de la Suisse centrale, cela dans le cadre du BRENET (réseau de compétences national des Hautes Écoles spécialisées).

En ce qui concerne la gazéification du bois, les travaux de développement technologique se sont poursuivis au niveau de l'AIE, de l'UE et de la Suisse. Par exemple, l'installation pilote Pyroforce, qui se trouve au Laboratoire ABC à Spiez, a récemment dépassé les 5000 heures de fonctionnement. En outre, des travaux sont en cours à l'Institut Paul Scherrer (PSI) pour produire, à partir du bois, du méthane qui pourrait être alors injecté dans le réseau de gaz naturel. De plus, on cherche à connaître les possibilités qu'offre la gazéification hydrothermale de diverses biomasses humides.

### Liens Internet

Informations de l'OFEN sur la biomasse et le bois

[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)

(→ Faits, chiffres et technologies)

→ Energies renouvelables

Contacts sur la biomasse et le biogaz

[www.biomasseenergie.ch](http://www.biomasseenergie.ch)

(français et allemand)

[www.biogas.ch](http://www.biogas.ch) (allemand et anglais)

Aperçu de l'utilisation du bois

[www.holzenergie.ch](http://www.holzenergie.ch)

(français, allemand et italien)

Collaboration internationale dans le cadre du programme Bioenergy de l'AIE

[www.ieabioenergy.com](http://www.ieabioenergy.com)

### De nombreuses matières premières exploitables pour la production d'énergie

Même sans parler du bois, le choix des déchets et des sous-produits organiques ainsi que des matières premières renouvelables est vaste : déchets ménagers, restes de repas, déchets verts, boues d'épuration, graines oléagineuses, plantes à fibres, plantes sucrières, etc. À cet égard, une technique importante de recyclage est la fermentation anaérobique (fermentation méthanique), dans laquelle des bactéries à l'abri de l'air convertissent la biomasse en biogaz (méthane et CO<sub>2</sub>). Il faut citer ici le procédé *Kompogas* (gaz de compost), qui est fort apprécié et qui connaît un grand succès, au niveau international également. Le centre d'information *Kompogas-Infopark* d'Otelfingen (ZH) suscite un intérêt considérable.

Vu l'augmentation réjouissante du nombre des agriculteurs disposés à acquérir une installation de production de biogaz, un projet de recherche portant sur les possibilités techniques, logistiques et économiques a, par exemple, été réalisé dans le cadre d'une région pilote dans le Canton de Lucerne. Ce projet, conduit par la communauté de travail *SwissFarmerPower*, a été récompensé en juin par l'attribution du *prix pegasus* 2004.

## Nager à contre-courant

Des travaux de recherche fournissent les bases indispensables au développement de solutions techniques pour l'exploitation du vent et de l'eau

### Manuel Buser

Chef du programme (P+D) Petits aménagements hydroélectriques de l'OFEN  
c/o entec SA  
CH-9000 St-Gall

### Bruno Guggisberg

Responsable du domaine Petits aménagements hydroélectriques à l'OFEN

Le vent et l'eau font certainement partie des formes les plus anciennes d'exploitation de l'énergie. La technologie la plus moderne, utilisant des matériaux nouveaux, a créé la base d'une production futuriste d'électricité.

### L'exploitation de l'eau à petite échelle aussi

Avec une production annuelle d'environ 3'500 GWh, les petites centrales hydroélectriques d'une puissance allant jusqu'à 10 MW contribuent à raison de 5,3 % à la production d'électricité en Suisse. En particulier, avec leurs nombreux sites d'implantation anciens ou nouveaux, les plus petites unités, d'une puissance allant jusqu'à 300 kW, apportent une contribution appréciable à la mise en valeur des potentialités de cette source d'énergie renouvelable produite de manière décentralisée. En certains endroits, elles permettent même la réalisation de solutions en îlot pour l'approvisionnement en électricité, par exemple, dans les régions alpines, tout en ménageant l'environnement.

Pour ce qui concerne les petits aménagements hydroélectriques, le programme de

recherche de l'OFEN a pour but de réactiver des installations désaffectées, d'empêcher d'autres désaffectations et de réaliser de nouvelles installations, notamment en mettant à profit des conduites d'eau potable. D'une part, les données de base nécessaires sont obtenues par des projets de recherche ciblés sur l'étude des systèmes standardisés, par des mesures de réduction des coûts dans l'étude des projets et dans leur construction, ainsi que par l'optimisation de l'intégration; d'autre part, elles sont complétées par des premières analyses et par des études préalables. Enfin, de nouvelles options technologiques sont étudiées et des mesures écologiques complémentaires évaluées, de manière à rendre possible la certification écologique de l'électricité produite.

Dans la catégorie des plus petits aménagements hydroélectriques, la production devrait pouvoir être multipliée par deux à moyen terme. Les centrales utilisant l'eau potable y occupent une place de choix, car, intégrées dans les installations existantes d'approvisionnement en eau, elles sont à même de tirer parti de la pression et des déclivités tout au long de l'année.

### Liens Internet

Informations concernant le programme de recherche Petits aménagements hydroélectriques

[www.smallhydro.ch](http://www.smallhydro.ch)

Association des Usiniers Romands (ADUR)

[www.iskb.ch](http://www.iskb.ch)

Revitalisation de centrales hydroélectriques existantes

[www.revita.ch](http://www.revita.ch)

## Une roue hydraulique dans un environnement rénové

D'importance historique, l'ancienne filature de Rapperswil (AG) est en voie de réactivation et de rénovation. Dans le cadre de ces travaux, il est prévu de munir le bief du Canal Steiner, utilisé jusqu'en 1948, d'une roue hydraulique moderne pour pouvoir à nouveau l'exploiter. Les données de base nécessaires ont été fournies par une étude préalable. Une roue hydraulique mue par le haut, d'une largeur de 3 m, est considérée comme la technique optimale pour un débit de 1'000 L/s et une chute de 2,75 m. Une échelle à poissons, à soies, doit également être installée pour permettre à nouveau la migration continue des poissons vers le biotope protégé de Rohr-Rapperswil, situé en amont du canal, en bordure de l'Aar. Cette échelle à poissons d'un nouveau genre se

distingue par une vitesse de courant nettement plus faible et une formation de remous moindre. Elle n'a ainsi aucun effet sélectif, que cela concerne le genre des poissons la remontant ou leur taille, et offre un espace vital aux plus petits organismes.



La réalisation de cette petite centrale hydroélectrique est attendue pour 2005.

### Étude préalable :

*Kleinwasserkraftwerk Steinerkanal, Alte Spinnerei, 5102 Rapperswil;* M. Hintermann et P. Dietschi, Hydro-Solar Energie SA, Niederdorf, 2003

N° ENET: 230078

*L'échelle à poissons à soies doit permettre désormais la migration des poissons dans le bief de l'ancienne filature de Rapperswil.*

**Robert Horbatty**  
Chef du programme  
Énergie éolienne de  
l'OFEN  
c/o ENCO Energie-  
Consulting SA  
CH-4416 Bubendorf

**Markus Geissmann**  
Responsable du  
domaine Énergie  
éolienne à l'OFEN

*Il y a peu, la ferme éolienne de Juvent SA a été équipée de deux nouvelles machines.*  
(Photo: [www.wind-energie.ch](http://www.wind-energie.ch))



## L'énergie éolienne, une branche en forte croissance – spécialement à l'échelle du monde

Le *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération* souligne l'importance du développement de composants novateurs destinés à la mise en œuvre de l'énergie éolienne. L'industrie suisse pourrait occuper avec succès cette niche du marché des composants.

La mise en œuvre des installations éoliennes en climat froid constitue le point central des recherches. La construction et l'exploitation de la turbine du Gütsch près d'Andermatt en fut l'un des projets les plus remarqués.

Vu les taux de croissance étonnantes de la branche de l'énergie éolienne à l'échelle du monde et les possibilités qui sont ainsi offertes sur ce marché, les activités de recherche et de développement ont été renforcées en Suisse. Actuellement, le programme de recherche de l'OFEN coopère de manière prépondérante avec la HES de Sion et le Laboratoire des systèmes énergétiques de l'EPF de Lausanne. Ce dernier met trois tunnels aérodynamiques différents à disposition pour les expérimentations. Par ailleurs, les études de sites et les essais *in situ* se déroulent en collaboration avec la société Meteotest, à Berne.

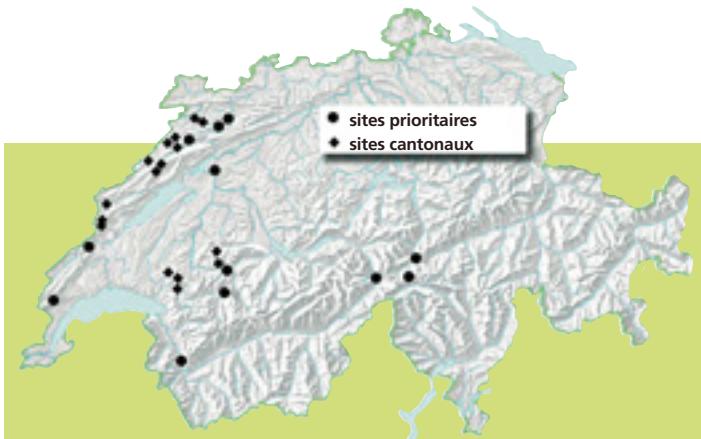
La coopération internationale dans la recherche comprend, d'une part, le projet *Wind Energy in Cold Climates* (soit la Tâche 19) du Programme *Wind Turbine*

### Liens Internet

Association pour la promotion de l'énergie éolienne en Suisse  
[www.suisse-eole.ch](http://www.suisse-eole.ch)

Agence des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique  
[www.aee.ch](http://www.aee.ch)

Association pour une électricité respectueuse de l'environnement  
[www.naturemade.ch](http://www.naturemade.ch)



## Le concept suisse pour l'énergie éolienne

Dans leur nouveau *Plan directeur pour l'énergie éolienne en Suisse*, les Offices fédéraux de l'énergie (OFEN), du développement territorial (ARE), ainsi que de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) ont élaboré les bases à utiliser pour le choix des sites d'implantation des installations éoliennes. Ce *Plan directeur*, présenté il y a peu, englobe pour l'ensemble du territoire national 96 sites possibles, dont les potentialités en terme d'énergie éolienne ont été évaluées par modélisation. Parmi ceux-ci, 28 seront aménagés prioritairement. En fin de compte, la simplification de l'étude des projets qui est ainsi visée pourrait permettre, malgré tout, de réaliser l'objectif de SuisseEnergie, à savoir de générer entre 50 et 100 GWh d'électricité d'origine éolienne d'ici à 2010.

[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch) (→ Média → Communiques de presse)

*Systems* de l'AIE, lancé en 2001, et, d'autre part, le projet *Alpine Windharvest* de l'UE, dans lequel les pays alpins (France, Autriche, Italie, Slovénie et Suisse) étudient les potentialités et les conditions-cadres d'une exploitation de l'énergie éolienne dans les Alpes.

L'extension de l'énergie éolienne en Suisse est actuellement entravée par plusieurs facteurs, mais malgré cela, la jeune génération montre un intérêt grandissant pour cette technologie dont les possibilités de mise en œuvre et les problématiques qu'elle soulève sont présentées concrètement par des installations pilotes et de démonstration. De plus, on note une recrudescence des demandes de la part des étudiants pour des travaux semestriels et de diplôme dans le domaine de l'énergie éolienne.

# Un potentiel global

Puisant à diverses profondeurs, la géothermie produit de l'énergie durable utilisée à des fins variées

## Harald Gorhan

Chef du programme Géothermie de l'OFEN  
Neudörfli 10  
CH-5600 Lenzburg

## Markus Geissmann

Responsable du domaine Géothermie à l'OFEN

Actuellement, les conditions cadres présidant à la mise en valeur de l'énergie géothermique se présentent sous des auspices favorables. Nettement plus connue et mieux acceptée, cette technologie est à la base de réalisations diverses, en fonction des caractéristiques géologiques locales. En conséquence, le programme de recherche Géothermie met l'accent sur trois axes technologiques prioritaires :

- la production de chaleur et de froid à l'aide de sondes géothermiques (SGT) et de géostructures (pieux énergétiques)
- l'exploitation de l'eau des tunnels
- la production d'électricité et de chaleur à l'aide de forages profonds (*Deep Heat Mining*, DHM).

## Des jalons sur le chemin des profondeurs

Le forage profond du programme DHM, à Bâle, servira de modèle pour des projets similaires, notamment à Genève et à Locarno. Le projet DHM de Bâle prévoit pour 2008 environ le début de la production de chaleur et d'électricité, qui sera exempte de CO<sub>2</sub>, à Petit-Huningue. La possibilité d'injecter la chaleur résiduelle dans le réseau de chauffage à distance de la ville est considérée comme un avantage essentiel du site. Un autre aspect de la recherche sera l'évaluation de procédés novateurs de conversion de l'énergie. La collaboration avec le projet de l'UE en cours à Soultz-sous-Forêts, en Alsace, permettra un échange bilatéral des résultats obtenus.

D'ores et déjà terminé, le forage d'essai d'Otterbach, d'une profondeur de 2'755 m, a été équipé de géophones. Ces appareils ne permettent pas seulement d'enregistrer les événements sismiques naturels ; ils seront également utilisés pour le contrôle de la formation d'une faille artificielle en sous-sol, servant d'échangeur de chaleur.

## L'exploitation de l'énergie provenant des grands tunnels en Suisse

Depuis longtemps déjà, l'eau des tunnels suisses est exploitée pour la production d'énergie. De nouvelles perspectives s'ouvrent grâce à la construction des deux tunnels des NLFA. Des études de détail sont réalisées dans les quatre zones d'entrée des tunnels, où l'eau de drainage atteint jusqu'à 35 °C. Le projet le plus avancé est celui de Frutigen (BE), où sera construite une serre tropicale avec des cultures hors sol.

Des études de faisabilité, soutenues par l'OFEN, ont porté sur les possibilités techniques et économiques d'application de plusieurs idées. Ce ne sont toutefois que le percement et l'aménagement de ces deux tunnels de base, au Lötschberg et au St-Gothard, qui permettront une évaluation définitive des débits d'eau et des températures effectivement disponibles.

## Liens Internet

Informations sur la géothermie  
[www.geothermal-energy.ch](http://www.geothermal-energy.ch)

Deep Heat Mining  
[www.dhm.ch](http://www.dhm.ch)

Groupement promotionnel suisse pour les PAC  
[www.pac.ch](http://www.pac.ch)

## Lavey-les-Bains : utiliser encore mieux l'énergie

Les bains thermaux de Lavey-les-Bains (VD) près de Martigny sont alimentés par deux sources, à 60 et 68 °C respectivement. Recueillie tout d'abord dans un bassin, l'eau thermale est utilisée pour diverses applications, selon le niveau de sa température. Au final, globalement, les deux tiers de l'eau thermale sont déversés dans le Rhône tout proche. Une étude récente vient d'examiner les possibilités d'utilisation de l'énergie de cette eau rejetée, qui se trouve tout de même à la température respectable de 35 °C. Diverses propositions, dont un bassin supplémentaire spécialement aménagé pour le plaisir de la clientèle, ou une serre tropicale, visent à augmenter encore l'attrait de ces bains thermaux.

### Rapport final :

Étude de la valorisation des rejets thermiques des Bains de Lavey ; BSI Bureau de Service et d'Ingénierie SA, CH-1007 Lausanne, 2004, N° ENET : 240048

## La recherche jette les bases d'une assurance-qualité

Grâce à des mesures ciblées d'information et d'encouragement, la géothermie peu profonde, avec sondes géothermiques et pieux énergétiques combinés à des pompes à chaleur, a pris un essor étonnant au cours des dernières années. L'une des préoccupations de la recherche et du développement a donc été de jeter les bases d'une assurance-qualité en matière de fiabilité à long terme de l'exploitation de la chaleur géothermique. Il s'agissait en particulier d'élaborer des méthodes de calcul conviviales, de manière à renforcer constamment la fiabilité de l'étude des projets de grandes installations géothermiques.

L'élaboration d'une unité d'acquisition de données sans raccordement électrique aux sondes de mesure, pour le contrôle de la qualité des installations de sondes géothermiques, est l'un des travaux les plus remarquables de la R+D. Cette unité sert aux relevés de profils de température et de pression dans les installations à SGT prêtes pour la mise en service.

D'autre part, la réalisation de projets P+D appropriés a créé des "points de chute" régionaux qui ont servi d'exemples à de nombreuses réalisations. Du coup, les connaissances acquises et la confiance en la technique s'en sont trouvées renforcées ; ce qui a fait progresser l'utilisation de la chaleur géothermique durable pour le chauffage et le refroidissement des immeubles.

Des contacts sur le plan mondial et la participation à des projets internationaux représentent une base importante permettant la poursuite des recherches sur la géothermie – en principe utilisable partout sur le globe – et la promotion de nouvelles applications. À l'avenir, il faudra mettre l'accent sur des thèmes tels que le stockage et l'utilisation du froid provenant du sous-sol (*geo-cooling*) afin d'encourager une intégration accrue de la géothermie dans le bâtiment.

Il faudra aussi analyser de plus près le comportement des grandes installations géothermiques en exploitation et leur rentabilité afin de compléter les connaissances objectives nécessaires pour convaincre le monde politique, l'économie et le public du bien-fondé de ces applications.

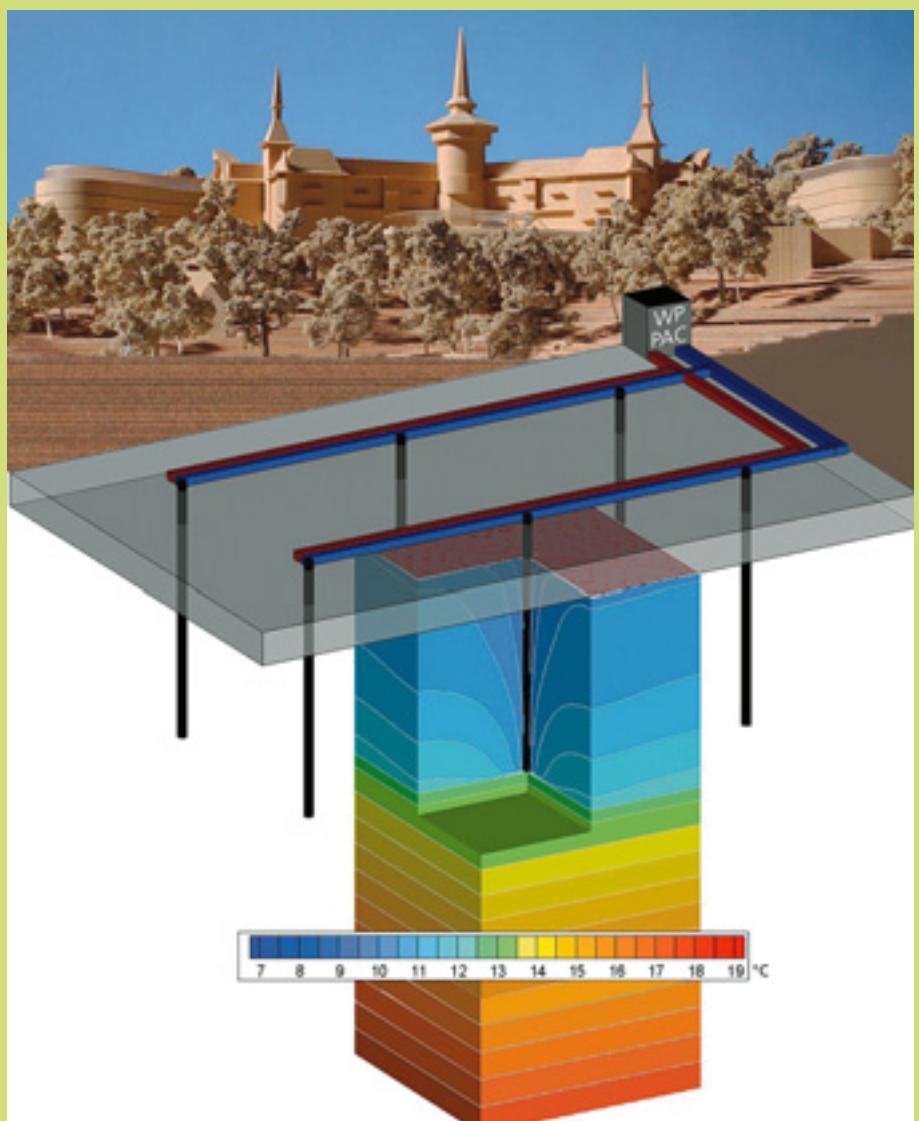
## Les sondes géothermiques font leur entrée au Grand Hôtel Dolder

Le Grand Hôtel Dolder, à Zurich, est en train d'être transformé. Cette rénovation inclut la création d'un champ de sondes géothermiques d'une longueur totale de sondes d'environ 10 km. En hiver, cet accumulateur à SGT va délivrer environ 1 GWh de chaleur à une pompe à chaleur qui assurera aussi bien la production d'eau chaude sanitaire que le chauffage. Pendant le reste de l'année, du printemps à l'automne, cette installation servira au refroidissement de l'hôtel. Dans un premier temps, le champ de température souterraine a fait l'objet de mesures et de calculs ; les forages seront réalisés prochainement, de même que la préparation du montage des sondes.

Pour de plus amples informations:  
[www.doldergrand.ch](http://www.doldergrand.ch)  
[www.geowatt.com](http://www.geowatt.com)

*Maquette de la transformation du Grand Hôtel Dolder avec la modélisation du champ de température autour de l'une des 6 sondes géothermiques durant la période de chauffage.*

(Source: Geowatt SA)



# Avance sur le marché

Malgré des mesures minimales d'incitation à la mise en application, les efforts de recherche portent davantage de fruits

## Jean-Christophe Hadorn

Chef du programme (R+D) Chaleur solaire de l'OFEN  
c/o Base Consultants SA  
CH-1012 Lausanne

## Stefan Nowak

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

## Urs Wolfer

Responsable du domaine des Technologies solaires à l'OFEN

Au cours des dernières années, les efforts faits en Suisse dans le domaine de la recherche en énergie solaire ont fourni de nombreux résultats significatifs. Des jalons importants ont été atteints, tant dans le développement du solaire thermique que dans celui du photovoltaïque. Mais jusqu'à présent, l'évolution du marché s'est montrée moins euphorique. Dans l'ensemble, les moyens financiers disponibles pour la mise en œuvre sont insuffisants. Les projets pilotes et de démonstration, qui sont le lien indispensable entre la recherche, le développement et la réalisation de produits concrets, sont désormais pratiquement irréalisables par suite de la compression récente des budgets. Ce type de projets permet de tester certains aspects des produits, comme leur aptitude, l'optimisation des coûts, l'esthétique, etc., éléments qui contribuent tous à une amélioration globale. Envers et contre tout, il est pourtant nécessaire d'assurer aux activités de recherche une orientation vers le long terme, conforme à l'importance de la mise en valeur de l'énergie solaire pour l'économie énergétique.

L'aspect énergétique ne devrait pas être le seul à intéresser la Suisse. Car l'utilisation de l'énergie solaire offrira aux générations futures des possibilités de formation, ainsi que des perspectives de recherche et de mise en œuvre industrielle, sans oublier la création de nombreux emplois.

## Des capteurs pour l'utilisation active de l'énergie solaire

L'utilisation de l'énergie solaire à l'aide d'installations thermiques offre des possibilités considérables. À côté des programmes visant à stimuler le marché, ce seront la poursuite de l'amélioration de la qualité, de la souplesse d'utilisation et de la fiabilité des capteurs solaires qui permettront d'étendre toujours davantage la surface de capteurs installée. Dans ce but, le

programme de recherche et de développement de l'OFEN se concentre sur les bases permettant d'améliorer la qualité des composants et la durée de vie des matériaux utilisés. Il convient aussi d'optimiser la combinaison des systèmes par des simulations et des essais. Enfin, des développements actuellement en cours devraient faciliter l'intégration des capteurs solaires aux bâtiments, comme cela s'est fait avec le photovoltaïque.

L'Institut de technique solaire (SPF) de la Haute École spécialisée (HES) de Rapperswil (SG) effectue depuis des années des essais sur des capteurs solaires et sur des systèmes. Parallèlement, il effectue aussi des développements qui ont conduit, notamment, à des capteurs munis de couches absorbantes particulièrement efficaces, fabriquées par des procédés méanageant l'environnement. Ces capteurs, de même que les systèmes compacts de haute performance développés par le SPF, sont aujourd'hui des produits dont le marché ne

## Le SPF a un nouveau directeur

L'Institut de technique solaire (SPF) travaille depuis 1981 dans le domaine de la recherche et du développement appliqués au secteur de la technique solaire thermique. Le Service d'accréditation suisse l'a par ailleurs confirmé dans son rôle de centre d'essai des capteurs solaires, ce qui lui confère une importance internationale.

Succédant à Ueli Frei, fondateur de l'Institut qu'il a dirigé pendant de nombreuses années, Andreas Luzzi est entré en fonction à Rapperswil le 1<sup>er</sup> septembre 2004. Ingénieur diplômé de l'EPF de Zurich, il apporte au SPF son expérience professionnelle, fruit de 16 années de travail dans le domaine de l'énergie, au cours desquelles il a acquis son titre de docteur au Centre d'énergie solaire de l'Université nationale australienne. Il est rentré en Suisse après 14 années consacrées à l'énergie solaire en Australie.

Pour de plus amples renseignements sur le SPF:  
[www.spf.ch](http://www.spf.ch)



*Le savoir-faire ouvre la voie à l'exportation : la société Edisun Power SA a récemment mis en service à Lebert près de Kempten (DE) une installation de 335 kW<sub>c</sub> produisant de l'électricité solaire. L'étude du projet, le montage, les supports des panneaux et l'onduleur ont tous été réalisés par des entreprises suisses. (Photo : Edisun Power SA)*

peut plus se passer. C'est grâce aux contrats de recherche à long terme de l'OFEN que l'Institut a pu se développer jusqu'à devenir un centre de compétence de renommée internationale.

Le programme de recherche Chaleur solaire ne s'intéresse pas uniquement à l'utilisation à brève échéance de la chaleur produite, mais également à son stockage saisonnier. Celui-ci figure au centre de di-

vers projets qui font l'objet, notamment, d'une collaboration étroite avec des experts en géothermie. La coopération internationale permet en outre de continuer à développer et à tester des systèmes avancés de stockage.

### Intégrer davantage le photovoltaïque

Au cours des dernières années, le programme Photovoltaïque s'est articulé autour de

deux centres d'intérêt principaux. Il s'agit d'abord de la recherche et du développement de cellules solaires en couches minces au silicium, tant amorphe que micromorphe, et de la mise en valeur de ses résultats dans les préliminaires de la fabrication industrielle. L'autre temps fort est l'intégration du photovoltaïque à l'enveloppe du bâtiment, un aspect primordial pour ce qui est de la pénétration du marché. Bien entendu, l'accent est mis parallèle-

## Une réflexion colorée pour masquer le noir de l'absorbeur

Afin de faciliter, notamment sur le plan des couleurs, l'intégration des capteurs solaires thermiques à l'enveloppe des bâtiments, des couches colorées à déposer sur le vitrage ont été étudiées. Grâce à un filtre à interférences à couches multiples, il est possible de produire une réflexion colorée à la surface du vitrage, ce qui rend invisible la surface noire de l'absorbeur, et cela pratiquement sans réduction de la transmission du rayonnement solaire.

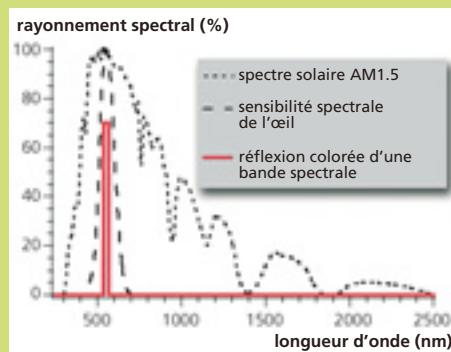
Le Laboratoire d'énergie solaire et de physique du bâtiment (LESO-PB) de l'EPF de Lausanne a réalisé, en collaboration avec l'Institut de physique de l'Université de Bâle, des simulations numériques des caractéris-

tiques optiques, au cours desquelles diverses couches et plusieurs paramètres ont été considérés successivement. Ces travaux ont permis d'identifier quelques concepts de couches multiples très prometteurs.

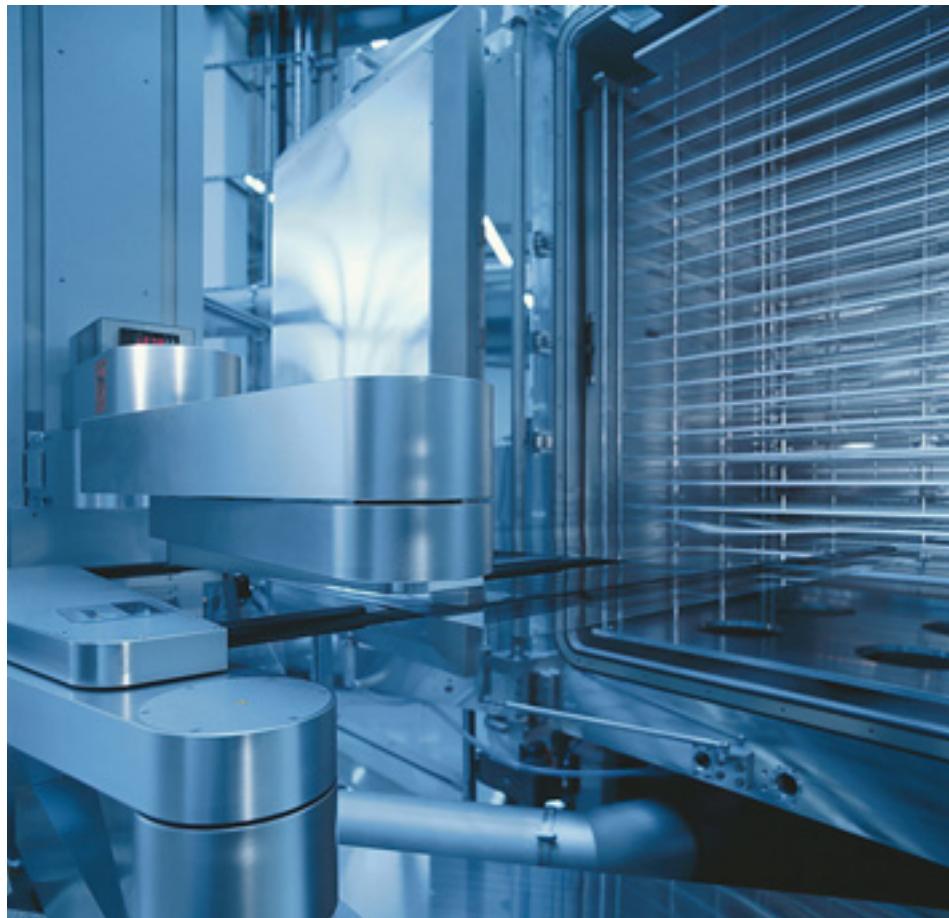
### Étude :

*Project Colored Solar Collectors (Projet Capteurs solaires en couleur); A. Schüler, Ch. Roecker, J.-L. Scartezzini ; LESO-PB, EPFL, 2003  
Nº ENET 230280*

Pour de plus amples renseignements :  
<http://lesowww.epfl.ch>



*Spectre de réflexion calculé d'un dépôt comptant 40 couches, avec un pic de "réflectance" très prononcé (environ 30 %), tandis que la réflexion reste minime dans le reste du spectre solaire.*



*C'est sur la base de recherches effectuées à l'IMT de l'Université de Neuchâtel que Unaxis Balzers SA, à Trübbach (SG), a développé une technologie de production pour la fabrication des cellules solaires en couches minces au silicium.*

*(Photo : Unaxis)*

ment et tout particulièrement sur l'assurance-qualité et les essais de divers composants et structures de cellules.

Il est particulièrement réjouissant de constater que toutes les parties du Pays sont directement impliquées dans le photovoltaïque, que ce soit par des centres de recherche ou de compétence pour les essais, par des aspects industriels ou par des applications exemplaires.

Depuis longtemps, le programme de recherche de l'OFEN a pour objectif de promouvoir l'aspect systémique, global, des installations photovoltaïques, de manière à pouvoir développer une technique fiable et avantageuse à l'usage. Il s'occupe pour cela de toute la chaîne, depuis les notions de base relevant de la technique des matériaux, jusqu'aux onduleurs, en passant par

la construction des modules et par les solutions mises au point pour leur montage. Cette stratégie rencontre un écho favorable, et cela aussi au plan international. Un standard élevé dans la recherche et le développement permet de se placer à la pointe des compétences ; il simplifie le transfert à la pratique et ouvre des possibilités à l'exportation.

Les coûts spécifiques de l'énergie électrique produite par voie photovoltaïque sont à l'heure actuelle encore trop élevés pour qu'elle puisse s'imposer pour une utilisation à plus grande échelle. La priorité va donc au développement de technologies des cellules solaires plus avantageuses, à l'application industrielle de la technique des couches minces et à de nouvelles formes d'intégration des cellules solaires en couches minces au bâtiment. Ici, il est très important de bien choisir le moment auquel l'industrie doit entrer en jeu. Des

développements orientés vers l'industrie doivent faciliter la mise en réseau en vue de la fabrication et de la commercialisation ; une communication appropriée et continue doit susciter la confiance ; des mesures promotionnelles ciblées peuvent favoriser un marché intérieur essentiel au développement ultérieur des exportations.

La collaboration internationale offre d'importantes possibilités de comparaison tout en étant une source de nouvelles idées. Elle permet aussi de faire un meilleur usage des moyens à disposition, en évitant des travaux parallèles et en concentrant les forces. En fonction de l'importance donnée à la technologie, aux programmes de recherche, aux conditions-cadres, etc., ce seront des pays différents qui serviront de modèles. Les principales nations à la pointe du photovoltaïque sont l'Allemagne, le Japon et les USA.

### Liens Internet

Les programmes suisse Chaleur solaire et Photovoltaïque  
[www.solarch.ch](http://www.solarch.ch)

Le programme Chaleur solaire de l'AIE  
[www.iea-shc.org](http://www.iea-shc.org)

Le programme Photovoltaïque de l'AIE  
[www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)

## 4:1 pour l'environnement

Pour le chauffage et l'eau chaude, les pompes à chaleur utilisent aujourd'hui l'énergie de l'environnement avec des coefficients de performance annuels élevés

### Thomas Kopp

Chef du programme Chaleur ambiante (R+D) de l'OFEN  
c/o HSR  
CH-8640 Rapperswil

### Max Ehrbar

Chef du programme Chaleur ambiante (P+D) de l'OFEN  
c/o NTB  
CH-9470 Buchs

### Fabrice Rognon

Responsable du domaine Chaleur ambiante à l'OFEN

Les pompes à chaleur doivent être optimisées en ce qui concerne l'exergie pour que leurs performances se rapprochent le plus possible du maximum donné par les lois de la physique. C'est pourquoi le programme Chaleur ambiante dirige ses efforts de recherche tout particulièrement dans les cinq directions suivantes : 1) le développement d'un compresseur ayant un rendement isentropique élevé et une faible surchauffe des gaz chauds ; 2) la conception d'échangeurs de chaleur avec les plus petites différences de température possibles ; 3) la recherche de sources de chaleur de température élevée ; et 4) la possibilité de transférer à l'utilisateur à la température la plus basse possible la chaleur produite. Le cinquième et vaste sujet de recherche est l'utilisation de fluides de travail naturels, comme l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ).

L'étape suivante, sur le chemin qui mène à une utilisation plus fréquente des pompes à chaleur dans les bâtiments nouveaux et les rénovations, passe par leur intégration optimale dans le système que constitue le bâtiment dans son ensemble. De meilleures stratégies de régulation et des circuits hydrauliques simplifiés – par exemple, des circuits standards – rendent l'étude des projets plus facile et plus sûre, et l'utilisation des pompes à chaleur plus fiable.

Avec la campagne de mesures *in situ* FAWA (*Feldanalyse von Wärmepumpenanlagen*), menée ces dernières années, mais terminée entre-temps, on a pu recueillir d'importantes informations sur la situation du marché et expérimenter plus d'une solution technique.

### Liens Internet

Recherche et développement dans le cadre du programme Chaleur ambiante de l'OFEN  
[www.waerme-pumpe.ch/fe](http://www.waerme-pumpe.ch/fe)

Groupement professionnel suisse pour les pompes à chaleur  
[www.pac.ch](http://www.pac.ch)

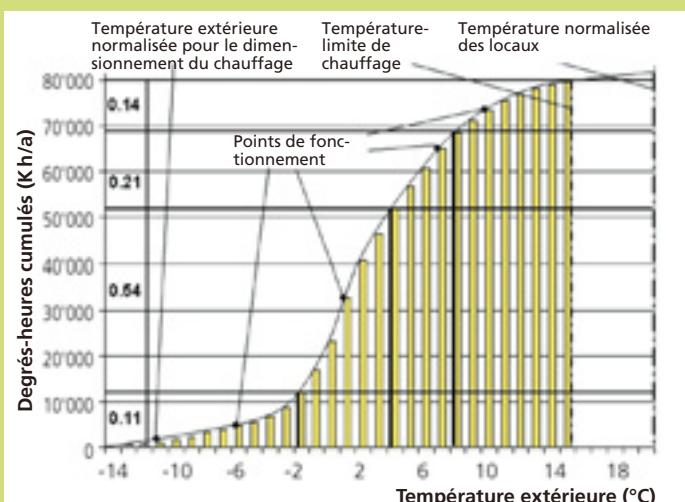
Le nouveau Centre d'essai des pompes à chaleur à la NTB, à Buchs (SG)  
[www.wpz.ch](http://www.wpz.ch)

## Méthodes de calcul pour un projet de l'AIE

La Tâche 28 (*Test Procedures and Seasonal Performance*) du programme *Heat Pump Technologies* de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) est dirigée par l'Institut d'énergétique de la Haute École spécialisée des deux Bâle (FHBB) à Muttenz (BL). Elle porte sur une méthode d'essai et sur des calculs saisonniers d'efficacité des pompes à chaleur pour la production d'eau chaude combinée au chauffage des bâtiments. À ce projet collaborent des chercheurs de dix nations : Allemagne, Autriche, France, Grande-Bretagne, Norvège, Suède, Japon, Canada, États-Unis et Suisse.

Après avoir commencé par déterminer quelles variantes du système seraient étudiées, on en est actuellement au développement des procédures d'essai et d'une méthode de calcul basée sur celles-ci. Le rapport final est attendu pour mai 2005.

La méthode de calcul du coefficient de performance annuel moyen proposée par la FHBB a été reprise dans le projet de norme européenne prEN 14335 (*Design efficiency and energy demand of heating systems*). Cette norme définira des méthodes de calcul de la performance énergétique globale des bâtiments, conformément à la directive européenne (*Directive 2002/91/EC on the energy performance of buildings*), dite *Energy Performance Building Directive* (EPBD), adoptée le 16 décembre 2002, avec entrée en vigueur immédiate, et qui devra être transposée dans la législation des États membres d'ici le 1<sup>er</sup> janvier 2006.



Formation des facteurs de pondération à partir des degrés-heures de chauffage cumulés.

Pour d'autres informations :  
[www.annex28.net](http://www.annex28.net)

# Rénovation et efficacité énergétique

Compléter les connaissances et réaliser les développements nécessaires à une construction plus durable

## Mark Zimmermann

## Hans Bertschinger

Direction du programme Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment de l'OFEN  
c/o LFEM/EMPA  
CH-8600 Dübendorf

## Andreas Eckmanns

Responsable du domaine Bâtiment à l'OFEN

Au cours des dernières années, les indices de dépense d'énergie des nouvelles constructions ont baissé grâce à la réalisation plus fréquente de meilleures enveloppes de bâtiment et d'installations de chauffage plus performantes. Par ailleurs, 40% environ des nouvelles villas sont équipées d'une pompe à chaleur. Il faut néanmoins continuer à améliorer systématiquement l'efficacité énergétique, en particulier dans le secteur de la rénovation, car la qualité énergétique des bâtiments influence la demande d'énergie à très long terme. Pour atteindre l'objectif d'un approvisionnement énergétique durable, il faudra réduire de 5 à 10 fois la consommation d'énergie dans le bâtiment par rapport aux quantités consommées actuellement.

## Encourager les solutions à moyen terme

Le programme de recherche Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâ-

timent encourage, en complément à des développements industriels, plusieurs technologies qui peuvent être efficaces à moyen terme. Il a pour objectifs de combler des lacunes dans les connaissances, de rendre possibles des perfectionnements technologiques et de présenter de manière ciblée l'état de la technique la plus moderne. Ce programme concerne en particulier des techniques d'isolation de haute performance, conçues spécialement pour la rénovation des bâtiments, des concepts de refroidissement passif, hybride ou actif des bâtiments, ainsi que l'utilisation d'appareils qui combinent le chauffage, la ventilation mécanique douce, la production d'eau chaude et la récupération de chaleur.

Le développement de technologies et de systèmes pour l'application pratique des



## Du bon air à Himmelrich

Bien que la ventilation mécanique douce soit devenue une solution standard dans les nouveaux bâtiments, elle n'est guère prise en considération pour la rénovation de grands bâtiments et n'y est que rarement appliquée pour des raisons architecturales et financières. Dans le cas de l'immeuble Himmelrich 2, construit à Lucerne entre 1927 et 1929, une étude de variantes a été réalisée afin de disposer des données nécessaires au moment de décider et d'élaborer le détail de ce projet de rénovation de 117 logements répartis sur 6 étages.

Divers critères qualitatifs et quantitatifs ont été appliqués lors de la préparation de ces variantes: l'espace utile, la régulation, la qualité de l'air, le confort thermique, la protection contre le bruit, les investissements, les coûts d'exploitation et d'entretien, etc.

Le grand choix de fenêtres avec ventilation incorporée, d'installations de ventilation avec air extrait, ainsi que d'autres avec air pulsé, air extrait et récupération de chaleur, offre de nombreuses possibilités de combinaison. Les mieux adaptées d'entre elles ont fait l'objet d'une analyse énergétique qui a démontré que la solution la plus avantageuse est également la plus mauvaise d'un point de vue énergétique: l'extraction de l'air sans récupération de chaleur. Les meilleurs résultats, tant sous l'angle énergétique qu'économique, sont obtenus soit avec des installations décentralisées, comportant des appareils de ventilation installés dans les couloirs ou sur les balcons, avec récupération de chaleur, soit avec des installations centralisées.

*L'étude de plusieurs variantes a permis de définir en connaissance de cause la meilleure façon de rénover l'immeuble d'habitation Himmelrich 2 à Lucerne.*

La mise au point de variantes avait également pour but de trouver une solution standard qui pourrait être appliquée à des lotissements similaires.

Pour de plus amples informations :  
*Architektur und Energie*,  
Beat Züsli, Lucerne  
beat.zuesli@bluewin.ch



Le projet NeuZeit présenté par Beat Kämpfen, de Zurich, a remporté le premier prix du concours d'idées pour la rénovation de maisons pour une ou plusieurs familles, selon le standard Minergie-P. À gauche: la situation actuelle; à droite: un photomontage du projet. [www.empa-ren.ch](http://www.empa-ren.ch)



## Le traditionnel *Status-Seminar* a dressé un état des lieux de la recherche

La recherche énergétique et environnementale dans le domaine du bâtiment était au centre du traditionnel *Status-Seminar* suisse qui a eu lieu les 9 et 10 septembre 2004 à l'EPF de Zurich. Cette réunion de deux jours a été l'occasion de prendre connaissance de projets concernant les standards en matière d'énergie et d'environnement, ainsi que des nouveautés sur

ce qui envoie des signaux négatifs et ralentit la progression du développement technologique. La recherche énergétique doit, malgré tout, continuer à élaborer des connaissances de base, raison pour laquelle tant la CORE que l'OFEN doivent la soutenir d'une manière telle que les activités puissent être orientées et se concentrer sur des secteurs d'avenir.

Il faut aussi veiller, dans la définition des priorités de la recherche et du développement, à ce que le domaine du bâtiment, malgré toutes les différences existant d'un pays à l'autre, puisse aussi profiter de la coopération et des marchés internationaux.

### Du bâtiment au quartier

Au cours des dernières années, l'orientation du programme a été modifiée de manière, d'une part, à donner plus de poids au secteur de la rénovation, notamment en mettant sur pied un concours sur le thème de son application selon les critères Minergie-P, et, d'autre part, à étendre les optimisations du simple bâtiment au quartier dans son ensemble. Le développement durable de quartiers entiers a été étudié dans plusieurs villes suisses; les résultats serviront de base aux futurs projets et mesures de planification. Et dans le domaine des installations techniques, la production et la distribution d'eau chaude devraient être mieux intégrées dans le système que représente le bâtiment dans son ensemble.

standards Minergie-P et "maison passive" à la construction d'habitations, d'immeubles commerciaux ou destinés à l'artisanat, ainsi que d'hôtels, a été générateur des résultats les plus marquants de ces activités de recherche. La "maison passive" et la "maison Minergie-P" servent de référence pour les futures réalisations et sont en accord avec la vision de "société à 2000 watts". Par le biais de programmes de l'UE et de l'AIE, elles peuvent même devenir un produit d'exportation pour la rénovation des bâtiments.

De nouvelles technologies d'isolation ("panneaux isolants sous vide" – PIV – et "nanogels"), des vitrages aux propriétés optiques "commutables électriquement" (*Switchable Glazing*) et la "polygénération" devraient encore augmenter l'efficacité énergétique des bâtiments.

### Définir les conditions-cadres plus tôt

L'optimisation des mécanismes de mise en œuvre n'est toutefois possible que lorsque l'industrie participe suffisamment tôt et largement aux travaux de développement. Pour cela, il est indispensable que les conditions-cadres relevant de la politique énergétique soient formulées assez tôt et de manière définitive par le législateur.

Au lieu de cela, on constate aujourd'hui que les moyens financiers disponibles pour des projets de démonstration sont réduits;



De nombreux bâtiments réalisés avec une efficacité énergétique élevée ont été présentés lors du Status-Seminar qui s'est tenu à l'EPF de Zurich.

l'enveloppe du bâtiment, les installations techniques et les outils d'aide à la conception. Des études issues du programme Fondements de l'économie énergétique de l'OFEN ont également été présentées au cours de cette conférence.

Exposés et comptes-rendus:  
[www.empa-ren.ch](http://www.empa-ren.ch)

# En route vers une efficacité accrue

Une réduction de la consommation d'énergie et des émissions dépend de l'acceptation des innovations technologiques

## Martin Pulfer

Responsable des domaines Transports et Accumulateurs à l'OFEN

En Suisse, près de la moitié des émissions de CO<sub>2</sub> proviennent des transports, et environ un tiers de l'énergie finale est consommée dans ce secteur. Le trafic individuel motorisé représente environ deux tiers de la mobilité, tandis que les transports de marchandises sur route correspondent à 20 %, le transport aérien à 6 % et les transports publics à 9 %. Ces chiffres définissent tant les dimensions du problème que les défis et les opportunités de la recherche et du développement dans ce secteur.

## Des questions technologiques et sociologiques

Rétrospectivement, les statistiques de la consommation de carburant montrent une tendance clairement ascendante. Seule la consommation spécifique des véhicules a

faiblement diminué, si l'on considère le parc des véhicules. Cependant, les valeurs intégrées sur une certaine période ont, dans l'ensemble, augmenté, et cela en raison de l'évolution de la densité du trafic et des prestations fournies. Le programme de recherche Transports – complété par le programme Accumulateurs – encourage les essais et les mesures visant une réduction de la consommation d'énergie. Il peut s'agir d'abord d'améliorations techniques, telles qu'une construction plus simple et légère, des innovations dans les éléments moteurs ou l'utilisation de systèmes énergétiques novateurs ; mais la réduction de la consommation peut également être stimulée par l'encouragement à un comportement adéquat, par des projets comme *Eco-Drive*, *Car-Sharing* et *Mobility*.



En service entre la gare CFF de Lucerne et le Musée suisse des transports : le TOHYCO-Rider, avec ses super-condensateurs.

## VEL Expo Ticino

Les véhicules respectueux de l'environnement et les concepts de mobilité durable ont été les thèmes principaux de la *VEL Expo Ticino*, qui a eu lieu à Lugano du 16 au 19 septembre 2004. Organisée par la direction du projet *VEL2*, cette manifestation comprenait une exposition et des conférences. La palette des véhicules exposés allait des deux-roues aux voitures produisant des émissions de CO<sub>2</sub> inférieures à 120 g/km, tout en respectant la norme EURO4 sur les gaz d'échappement.

Pour de plus amples informations :

[www.vel2.ch](http://www.vel2.ch)  
[www.velexpo.ch](http://www.velexpo.ch)



Plus de 8'000 personnes se sont rendues à la *VEL Expo Ticino*, à Lugano, où elles ont effectué des parcours d'essai avec des véhicules ménageant l'environnement et se sont informées sur les thèmes en rapport avec la mobilité durable.  
(Photos : Ti-Press)



## Les rues de Lucerne innovent

Depuis cet été, le minibus *TOHYCO-Rider* assure un service régulier sur la ligne reliant la gare CFF de Lucerne au Musée suisse des transports. Développé par l’Institut d’électronique (IFE) de la HES de Lucerne, en collaboration avec des partenaires industriels, le véhicule est équipé de condensateurs de haute capacité (S-CAP) qui se rechargent en quelques minutes, et sans contact, aux terminus de la ligne. Les stations de recharge sont encastrées dans le sol.

Cette association de deux technologies est maintenant appelée à faire la preuve de sa fiabilité et de son aptitude en conditions réelles d’utilisation.



Informations:  
[www.hfa.fhz.ch/institute/ife](http://www.hfa.fhz.ch/institute/ife)

À l’occasion du *Forum international des piles à combustible* de juillet 2004, on a pu voir dans les rues de Lucerne une autre nouveauté du secteur de la mobilité: des véhicules fonctionnant à l’air comprimé. Ces véhicules destinés au trafic d’agglomération, qui viennent du Luxembourg, sont équipés d’un moteur de 4 cylindres, d’un poids de 28 kg seulement, et d’un réservoir à air comprimé sous 300 bar. Dans le cadre des préliminaires en matière de construction légère et de production locale, le spécialiste suisse Horlacher SA, de Möhlin (AG), a également été consulté.

Informations:  
[www.mdi.lu](http://www.mdi.lu)  
[www.theaircar.ch](http://www.theaircar.ch)



La propulsion à l’air comprimé ainsi qu’une construction légère ouvrent de nouvelles perspectives à une circulation en agglomération qui ménage l’environnement.

## Une collaboration internationale qui répond aux besoins nationaux

La collaboration transfrontalière dans la recherche revêt une importance particulière, car les problèmes essentiels du secteur des transports ne peuvent être envisagés et résolus que sur le plan international. Dans cette optique, la Suisse a, par exemple, participé au projet *Cleaner Drive* du 5<sup>e</sup> Programme-cadre de recherche et de développement technologique (PCRTD) de l’UE. Ce projet, qui vient de se terminer et a réuni 15 partenaires de 8 pays, avait pour objectif la mise au point d’une méthode adéquate d’évaluation environnementale pour les voitures automobiles. Il a permis la coordination du savoir-faire et des expériences faites en la matière et, simultanément, la réalisation d’une aide à la décision pour l’acquisition de véhicules.

## En point de mire : les bus urbains

À côté des travaux de recherche du LFEM/EMPA ayant pour objet la conception d’un système de propulsion au gaz naturel destiné à un *Clean Engine Vehicle* (CEV), les études effectuées sur les bus urbains fonctionnant au gaz naturel ont également pour but la réduction du bruit et des émissions de CO<sub>2</sub>. Ainsi, par exemple, l’introduction à Glaris de deux bus fonctionnant au gaz naturel s’est accompagnée de la préparation d’un rapport sur les expériences faites, y compris une comparaison de trois systèmes de motorisation différents. Il en ressort que, si les bus à gaz naturel consomment environ 10% d’énergie de plus que les bus fonctionnant au diesel, ils produisent 5 à 10% de CO<sub>2</sub> en moins.

Le *Swisstrolley III*, un bus de ligne fabriqué par la carrosserie Hess SA, fait l’objet d’une autre étude dans le but de réaliser, en améliorant son *design*, un véhicule plus long et une construction plus légère.

## Liens Internet

Informations sur le programme Transports de l’OFEN

[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)  
 (→ Faits, chiffres & technologies  
 → Transports, mobilité)

Le projet *Cleaner Drive* de l’UE  
[www.e-mobile.ch](http://www.e-mobile.ch)  
[www.cleaner-drive.com](http://www.cleaner-drive.com)  
[www.cleaner-drive.ch](http://www.cleaner-drive.ch)

*NewRide* pour la promotion des deux-roues électriques dans le trafic de proximité

[www.newride.ch](http://www.newride.ch)

## Sondage d’opinion auprès des groupes cibles

La mobilité se caractérise surtout par le degré d’acceptation et les services offerts, et donc pas seulement par des données techniques. Ainsi, pour pouvoir apprécier les opportunités et les risques de l’introduction de nouveaux carburants, tels que le gaz naturel, le biogaz ou encore l’hydrogène, un sondage de l’opinion des utilisateurs a eu lieu dans le cadre du projet de “société à 2000 watts” dans la région-pilote de Bâle. Par ailleurs, les attitudes des groupes cibles envers les véhicules ménageant l’environnement ont été sondées et analysées dans le cadre du projet “Module de mobilité” du PSI et de la société *sustainserv*.

De plus en plus de personnes reconnaissent que les véhicules légers, dans le trafic de proximité, permettent une réduction considérable de la consommation d’énergie et des émissions; on peut donc penser que la mise en œuvre de *NewRide* est proche. Jusqu’ici, les résultats de ce programme de promotion des deux-roues électriques sont positifs: les Communes intéressées sont en nombre croissant et les ventes ont augmenté.

Dans l’ensemble, les projets pilotes et de démonstration réalisés jusqu’ici ont été d’une importance cruciale, car ils ont permis de présenter à un large public les avantages réels de plusieurs technologies et de propositions en rapport avec le comportement de l’utilisateur.

# Contribuer à l'évolution globale

Des efforts de recherche suisses contribuent à réduire les émissions des moteurs à combustion interne

**Alphons Hintermann**

Responsable du domaine Combustion à l'OFEN

À l'échelle du globe, les processus de combustion jouent encore le rôle principal dans l'utilisation de l'énergie primaire, et leur efficacité détermine en fin de compte la consommation d'énergie. L'augmentation de l'efficacité de toutes les technologies liées à la combustion contribue à détendre considérablement la situation sur le front des émissions de CO<sub>2</sub>. Dans ce domaine, les efforts réalisés dans la recherche et le développement doivent, d'une part, tenir compte du renforcement progressif des valeurs limites autorisées pour les émissions de substances polluantes et, d'autre part, permettre le recours à un plus grand choix de combustibles.

## En route vers l'économie de l'hydrogène ?

Le pétrole deviendra de plus en plus cher au cours des décennies à venir et sera consommé en moindre quantité. Il cédera progressivement la place à d'autres combustibles, comme le gaz naturel, les composés de synthèse et autres gaz et liquides contenant de

l'hydrogène (dont la biomasse). Cette hypothèse vaut tant pour la combustion atmosphérique (par exemple, dans les chaudières) que pour la combustion mobile (par exemple, dans les moteurs) et pour les systèmes de combustion à haute pression (turbines à gaz, entre autres).

Au cours des prochaines décennies, la technologie de la combustion dominera encore la conversion de l'énergie primaire, et la technologie des piles à combustible ne lui opposera qu'une concurrence réduite. De même, l'économie de l'hydrogène ne pourra s'imposer que dans des créneaux où elle est concurrentielle et rentable par rapport à d'autres technologies.

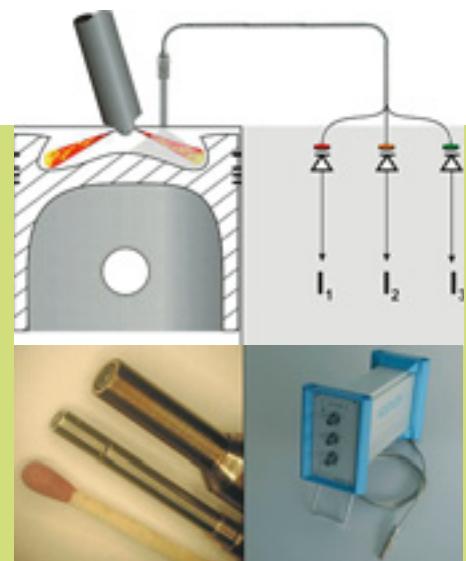
Les objectifs de recherche du programme Combustion de l'OFEN découlent de ces considérations globales. Les compétences accumulées au cours de ces dernières an-

## Un détecteur miniaturisé pour la mesure de la concentration des particules de suie

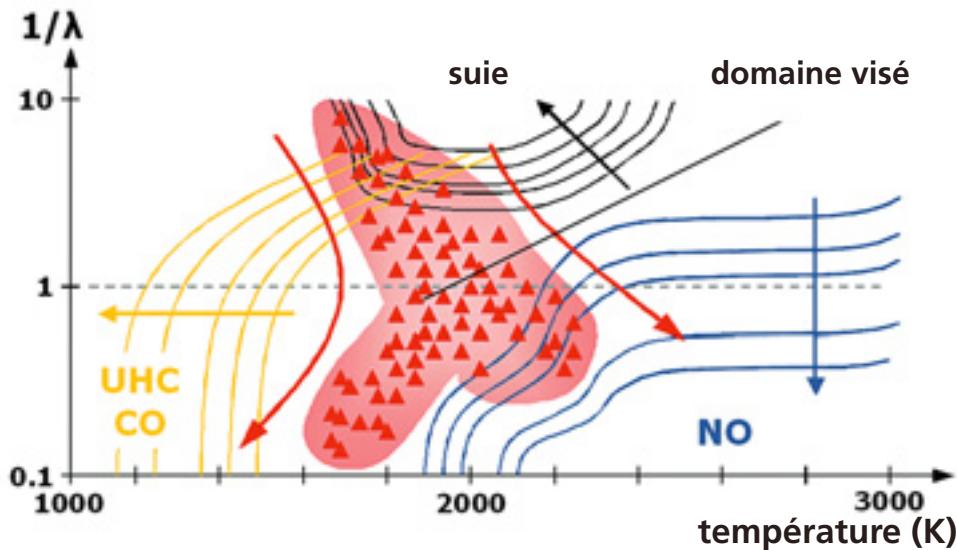
Dans le cadre d'une thèse de doctorat ayant pour sujet la formation des particules de suie dans les moteurs diesel, le Laboratoire d'aérothermochimie et des systèmes de combustion (LAV) de l'EPF de Zurich a développé un système de mesure à plusieurs couleurs. Ce système permet de mesurer, d'une part, la température instantanée des particules de suie et, d'autre part, une grandeur proportionnelle à la concentration de ces particules. Il a également été démontré que les températures mesurées à l'aide de la méthode des couleurs multiples sont en corrélation avec d'autres paramètres importants. Cela permet de mieux comprendre les processus de combustion turbulents non stationnaires, en combinaison avec les paramètres thermodynamiques. Un système de

mesure miniaturisé, conçu pour les moteurs à combustion interne et comprenant un détecteur optique robuste, a été réalisé en collaboration avec les partenaires industriels *Kistler Instrumente*, à Winterthur, et *Sensoptic*, à Losone (TI).

Pour de plus amples informations :  
 Le Laboratoire d'aérothermochimie et des systèmes de combustion (LAV) de l'EPFZ  
[www.lav.ethz.ch](http://www.lav.ethz.ch)  
*Kistler Instrumente*  
[www.kistler.ch](http://www.kistler.ch)  
*Sensoptic*  
[www.sensoptic.ch](http://www.sensoptic.ch)



*Système miniaturisé de mesure à plusieurs couleurs, pour la détection de la formation des particules de suie et de leur oxydation dans les moteurs diesel.*



nées doivent être mises en œuvre en collaboration avec des partenaires industriels, en choisissant les applications offrant les plus grandes potentialités. La position des partenaires industriels et de leurs fournisseurs devra s'en trouver renforcée, de nouvelles opportunités d'exportation leur étant ainsi offertes.

#### Nouveaux développements dans le secteur des moteurs d'automobile et de bateau

Les recherches fondamentales sur les processus de combustion se déroulent principalement au PSI et à l'EPF de Zurich, avec le soutien du LFEM/EMPA et de l'EPF de Lausanne. La collaboration entre les chercheurs et l'industrie automobile – active dans le monde entier – a pu être renforcée au cours des dernières années. Le projet du moteur Otto à injection directe, de l'EPF de Zurich, le projet *Clean Engine Vehicle* (véhicule à moteur propre), réalisé par le LFEM/EMPA et par l'EPF de Lausanne, et le "procédé SCR" (*Selective Catalytic Reduction process*) de réduction catalytique sélective des oxydes d'azote émis par les moteurs diesel, développé au PSI, en sont quelques exemples.

Les méthodes de simulation et la modélisation requièrent des compétences de recherche spécifiques. À l'heure actuelle, les modèles de calcul, en particulier, sont en mesure de reproduire les processus de combustion avec un degré de précision tel qu'on peut les utiliser pour identifier les possibilités d'optimisation. Parallèlement, des

Afin de réduire les émissions, dans le cadre de l'optimisation des processus de combustion dans les moteurs diesel, il faut cibler un domaine bien précis de la température et de la composition du mélange air-carburant. En matière de combustion interne, ce qui semble facile en théorie est en fait extrêmement difficile à maîtriser dans la chambre de combustion.

méthodes de mesure sont mises au point qui permettent de saisir, avec une résolution inconnue jusqu'ici, non seulement les paramètres de l'écoulement et les températures, mais encore le plus grand groupe possible de paramètres de la réaction. Un exemple : la miniaturisation d'une méthode de mesure a abouti au développement de sondes miniaturisées, d'un prix avantageux, qui permettent d'équiper les moteurs d'automobile d'un système de diagnostic et de régulation très performant.

Dans la foulée de travaux antérieurs à l'EPF de Zurich dans le domaine des véhicules, la société Wärtsilä, de Winterthur, a réussi une percée dans le domaine des grands moteurs diesel à deux temps, destinés aux navires porte-conteneurs. Grâce à la technologie d'injection très moderne, dénommée *common rail* ("rail commun", une invention suisse), commandée électroniquement et utilisée dans le nouveau moteur diesel Sulzer RT-flex (jusqu'à 70 MW,  $\eta = 51\%$ ), cette société a pu augmenter de façon significative ses ventes sur le marché mondial.

#### Couplage chaleur-force (CCF)

#### Un rendement meilleur et des émissions réduites

Dans le couplage chaleur-force (CCF), on utilise un combustible pour produire à la fois de l'énergie mécanique (le plus souvent pour la convertir ensuite en électricité) et de la chaleur. Cette combinaison permet de mieux exploiter le contenu énergétique des combustibles utilisés.

En tant que technique transversale, le CCF joue un rôle particulier dans différents domaines et programmes de l'OFEN. Ne sont soutenus toutefois que les projets associant des pompes à chaleur au CCF, pour renforcer la combinaison intéressante des deux techniques sans aggraver le bilan de CO<sub>2</sub> de la Suisse. Le CCF dans la production de chaleur à basse température, pour les bâtiments, par exemple, permet de faire une économie de combustible de 30 à 50 % par rapport au chauffage à mazout traditionnel.

L'objectif de la recherche reste l'amélioration des rendements électrique et thermique, ainsi qu'une nouvelle réduction des émissions.

Tant que prévalait la situation de prix bas sur le marché des produits pétroliers, l'intérêt pour les installations de CCF était limité. Une nouvelle hausse de ces coûts et la recherche d'alternatives vont certainement s'accompagner très rapidement de nouveaux besoins pour des travaux de développement. C'est pourquoi, des discussions ont récemment eu lieu avec l'association professionnelle du CCF sur les travaux de recherche à envisager. Le couplage chaleur-force avec des combustibles renouvelables devient un élément important de la diversification de l'approvisionnement énergétique.

Pour d'autres informations :  
**[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)**  
 (→ Faits, chiffres et technologies → Agents et techniques énergétiques)  
 Association professionnelle du CCF  
**[www.waermekraftkopplung.ch](http://www.waermekraftkopplung.ch)**

# Une option à maintenir

De nouveaux réacteurs de fission, ainsi que la technologie de la fusion, montrent comment continuer à utiliser l'énergie nucléaire

## Brigitte Faust

Responsable du programme Recherche réglementaire en sécurité nucléaire de l'OFEN c/o Division principale de la Sécurité des Installations Nucléaires (DSN) CH-5232 Villigen-HSK

## Konstantin Foskolos

Chef *ad interim* du programme Technique et Sécurité nucléaires de l'OFEN c/o Institut Paul Scherrer CH-5232 Villigen-PSI

## Jean-François Conscience

Chef du programme Fusion de l'OFEN c/o Office fédéral de l'éducation et de la science (OFES) CH-3003 Berne

## Christophe de Reyff

Responsable du domaine Énergie nucléaire à l'OFEN

Le domaine de recherche Énergie nucléaire de l'OFEN s'articule autour de trois axes principaux : la recherche réglementaire en sécurité nucléaire; l'énergie et la sûreté nucléaires; la fusion thermonucléaire.

### La recherche réglementaire en sécurité est du ressort de la Confédération

La sécurité des centrales nucléaires suisses qui est de la compétence de la Division principale de la Sécurité Nucléaire (DSN) doit être assurée durablement et continuellement améliorée. C'est pourquoi la DSN, qui est rattachée à l'OFEN, s'occupe de recherche réglementaire en sécurité. La haute surveillance exercée par l'État est à l'origine de besoins particuliers, notamment pour ce qui concerne les matériaux et les phénomènes de vieillissement, ainsi que la "philosophie" de la sécurité.

La recherche réglementaire en sécurité s'occupe aussi de la définition des critères propres à assurer une exploitation fiable des centrales, ainsi que de ceux applicables à l'installation d'équipements complémentaires. Elle se consacre en outre à la mise au point de solutions réalistes pour la gestion des déchets nucléaires. Dans ce but, elle collabore étroitement avec le PSI, l'EPF de Zurich et les exploitants des centrales. Elle

## Le projet Heater du Mont Terri

Le Laboratoire construit sous le Mont Terri, près de St-Ursanne (JU), joue un rôle clé dans la recherche sur la sécurité des dépôts de déchets radioactifs. Les études ont contribué à la confirmation de la faisabilité d'un dépôt dans des couches d'argile à opalines. Les expériences réalisées ont élargi les connaissances dans le domaine de la mécanique des roches, de la composition de celles-ci, de l'hydrogéologie et de la chimie de l'eau. Le

est régulièrement en contact avec des partenaires internationaux avec lesquels elle réalise des projets de recherche communs.

Actuellement, l'un des sujets principaux étudiés par le PSI est la formation de microfissures dues à la corrosion dans les composants du circuit primaire des réacteurs à eau bouillante. Par ailleurs, on teste de nouveaux combustibles nucléaires et de nouveaux matériaux dans le cadre de la participation à un projet réalisé dans le réacteur de recherche de Halden, dans le cadre de l'Agence pour l'Énergie Nucléaire (AEN) de l'OCDE.



comportement de plusieurs composants d'un système de dépôt définitif a fait l'objet d'un projet de l'UE, tout comme la vérification de modèles de calcul (expérience Heater).

Pour de plus amples informations:

Projet Mont Terri

[www.mont-terri.ch](http://www.mont-terri.ch)

*La vérification expérimentale des modèles de calcul dans le Laboratoire du Mont Terri, une contribution à la mise au point d'un système de dépôt définitif. (Photo : Comet, Zurich)*

Recherche et développement sont nécessaires afin de pouvoir assurer un approvisionnement fiable et sûr en énergie. C'est pourquoi il est exclu d'envisager une nouvelle réduction des moyens financiers à disposition. À cette condition seulement, il sera possible d'offrir à la génération scientifique montante des perspectives intéressantes et d'assurer ainsi la relève en personnel qualifié. Il faut renforcer l'attrait de la recherche en matière de sécurité, en mettant sur pied des projets présentant des défis et en bâtissant sur le savoir-faire existant.

### Le Département de recherche Énergie et Sécurité Nucléaires (NES) du PSI

L'un des six Départements de recherche du PSI s'occupe d'énergie et de sécurité nucléaires. Les équipements dont il dispose lui permettent de faire une recherche de pointe.

Ses activités s'articulent autour de quatre axes principaux : des contributions de R&D pour le compte des exploitants des centrales, avec, pour but, une exploitation sûre et rentable de celles-ci ; le soutien des exploitants et de la DSN dans des projets spéciaux ; des travaux de recherche, au sein de réseaux internationaux, sur l'amélioration de la sécurité et de la rentabilité par le biais de nouvelles technologies ; enfin, la mise sur pied de possibilités de formation variées pour les jeunes scientifiques.

L'installation PROTEUS est à la disposition des chercheurs pour effectuer, à l'échelle du laboratoire, des expériences de physique des réacteurs et de comportement des systèmes. Les installations PANDA, LINX et DRAGON permettent la réalisation de projets de thermohydraulique. Quant au Laboratoire de Gestion des Déchets et à celui des Matériaux, ils utilisent surtout le *hotlabor* modernisé et le nouveau faisceau de rayons X de la Source de Lumière Synchrotron suisse (SLS).

La Section de l'Analyse des Systèmes s'occupe de considérations globales en rapport avec les systèmes énergétiques (GABE).

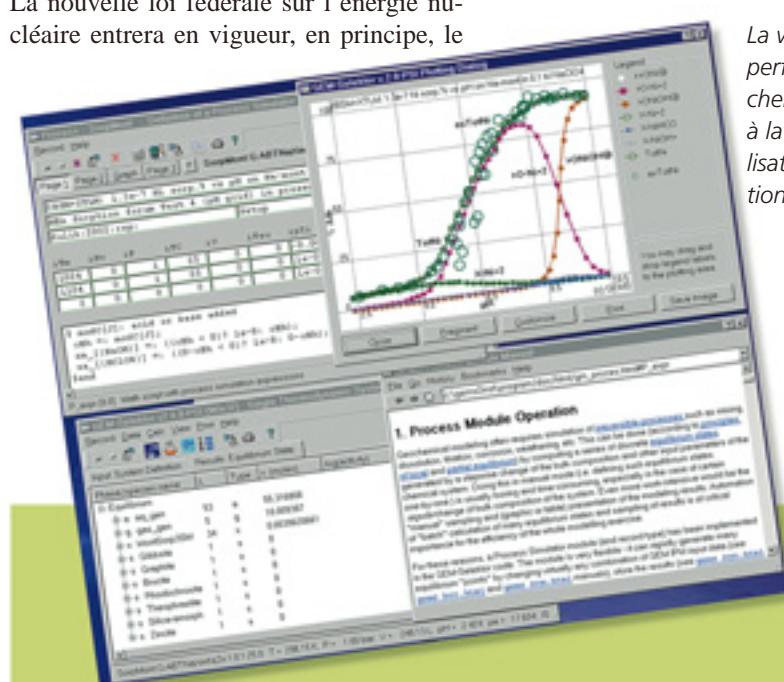
Le NES a participé en 2004 au lancement de nouveaux projets dans le 6<sup>e</sup> Programme-cadre de recherche et de développement technologique de l'UE. D'autres possibilités sont mises à profit au sein du *Generation IV International Forum* (GIF), qui s'occupe du développement des réacteurs nucléaires futurs, dits de 4<sup>e</sup> génération. En l'occurrence, le NES étudie des matériaux pour les hautes températures et développe des modèles décrivant leur comportement, basés sur les modifications microstructurales. En outre, il développe un logiciel pour les analyses de sûreté des systèmes nucléaires, qui peut être utilisé avec des spectres de neutrons rapides.

La nouvelle loi fédérale sur l'énergie nucléaire entrera en vigueur, en principe, le

1<sup>er</sup> janvier 2005. Elle impose un moratoire de 10 ans au retraitement du combustible irradié et prévoit la possibilité d'un référendum fédéral pour tout projet de nouvelle installation nucléaire. Il sera nécessaire, en conséquence, de flexibiliser davantage la recherche et de renforcer la mise en réseau au sein du PSI et à l'échelle internationale.

### La fusion nucléaire, une technologie aux potentialités considérables

La fusion nucléaire d'un seul gramme de mélange de *deutérium* et de *tritium* dégage



La version de GEMS perfectionnée par les chercheurs du PSI est à la base de la modélisation des interactions géophysiques.

### GEMS pour y voir clair dans les questions touchant au dépôt définitif

Le Laboratoire de Gestion des Déchets du Département NES a poursuivi le développement du "sélecteur GEM" (*Gibbs Energy Minimisation*). GEMS sert notamment à la modélisation thermodynamique des systèmes géothermiques. Le logiciel est mis maintenant à la disposition de la communauté internationale, de manière à promouvoir la technique GEM tout en recevant en retour des suggestions pour de nou-

velles optimisations. On désire ainsi faciliter l'étude des interactions entre les radionucléides et la nappe phréatique, les barrières techniques et la roche. L'objectif final est de rendre possible des analyses des systèmes de dépôts définitifs plus précises que jusqu'ici.

Pour de plus amples informations :  
<http://les.web.psi.ch/Software/GEMS-PSI>

autant d'énergie que la combustion de huit tonnes d'essence. Comme les deux substances de base, le deutérium (concentration de 150 ppm dans l'hydrogène) et le lithium ("tritigène" sous irradiation de neutrons), existent en quantités suffisantes et bien réparties à la surface du globe – la première dans l'eau et la seconde dans la roche –, la technologie de la fusion est un système énergétique très prometteur. Cependant, les défis techniques pratiques sont aujourd'hui encore énormes.

Le réacteur expérimental ITER, dont les plans sont faits, est considéré comme l'objectif des projets de recherche réalisés dans le cadre international. Six partenaires sont à l'œuvre, dont l'UE (EURATOM). Il faut relever toutefois que l'incertitude quant au choix définitif du site (en France ou au Japon ?) retarde les développements en cours.

En Suisse, deux institutions de recherche sont largement impliquées dans la recherche sur la fusion nucléaire : le Centre de Recherche en Physique des Plasmas (CRPP) de l'EPF de Lausanne et l'Institut de Physique de l'Université de Bâle. Depuis quelque temps, le TCV (Tokamak à Configuration Variable) du CRPP est utilisé comme installation d'essai de première importance. On y réalise des recherches sur les plasmas et sur l'élaboration de modèles. Parallèlement, un groupe de chercheurs du CRPP, basé au PSI, réalise des travaux de recherche sur les supraconducteurs et les matériaux pour les futurs réacteurs de fusion. Leurs collègues bâlois, quant à eux, étudient principalement les modifications physico-chimiques subies par une surface exposée au plasma. Ces instituts ont tous deux une renommée internationale.

## Liens Internet

La Division principale de la Sécurité des Installations Nucléaires (DSN)

[www.hsk.ch](http://www.hsk.ch)

Le Département de recherche Énergie et Sécurité Nucléaires (NES) du PSI

<http://nes.web.psi.ch>

Nagra – Société coopérative nationale pour le stockage géologique de déchets radioactifs

[www.nagra.ch](http://www.nagra.ch)

La fusion nucléaire et le Centre de Recherche en Physique des Plasmas (CRPP) de l'EPF de Lausanne

<http://crppwww.epfl.ch>

ITER devra maintenant prouver que la fusion nucléaire est techniquement réalisable à l'échelle prévue pour les futurs réacteurs et que la sécurité de ces derniers ne pose pas de problème. La CORE recommande, elle aussi, la poursuite des activités de recherche en Suisse, car elle est convaincue des potentialités théoriques à long terme de la fusion nucléaire. Cependant, il est encore trop tôt pour associer l'industrie à ces travaux et lui transférer les connaissances acquises.



Représentation schématique de l'installation TORPEX du CRPP de l'EPF de Lausanne. L'équipe de chercheurs qui vient de la mettre en service avec succès.

## TORPEX, une nouvelle installation de recherche sur les plasmas

L'installation TORPEX (*TORoidal Plasma EXperiment*) du CRPP a été mise en service en 2003. Elle est destinée à l'étude des turbulences et des phénomènes de transport anormaux dans un plasma toroïdal. On y crée des plasmas d'hydrogène et d'argon dans sa

structure circulaire, d'un diamètre de deux mètres.

Pour de plus amples informations :  
<http://crppwww.epfl.ch/torpe>

# Un sujet d'actualité dans bien des secteurs

Améliorer les performances énergétiques des procédés et des infrastructures de production pour réduire leurs coûts

## Martin Stettler

Responsable du domaine Technologie des procédés (VTP) à l'OFEN



La technologie des procédés et de leurs infrastructures joue un rôle-clef dans la fabrication d'un produit, et cela dans de nombreux secteurs. Dans le cadre d'accords conclus avec l'Agence de l'énergie pour l'économie (AEnEC) sur les objectifs en matière d'émissions de CO<sub>2</sub>, les industries chimique, pharmaceutique, alimentaire, celles du papier, des métaux et de la terre cuite peuvent améliorer partiellement le rendement de leurs installations de production et valoriser systématiquement les rejets thermiques. Les entreprises bénéficient ainsi d'une meilleure rentabilité et sont en outre armées contre une éventuelle taxe sur le CO<sub>2</sub>. Par des projets de recherche et de développement, la Confédération aimerait aider l'industrie helvétique à concrétiser les réductions possibles de la consommation d'énergie et à identifier celles qui sont encore insoupçonnées. Il ne fait aucun doute qu'il y a encore ici de nombreuses possibilités rentables d'économiser l'énergie.

## Se lancer dans l'application sur des bases scientifiques

C'est pourquoi le programme Technologie des procédés (VTP) de l'OFEN concentre ses efforts sur l'élaboration de bases pour de telles optimisations avec, au premier plan, des procédés thermiques, tels qu'on les rencontre dans l'industrie chimique dans les opérations de chauffage et de refroidissement, ainsi que dans les installations de distillation et de séchage. Les procédés de séparation sont également gourmands en énergie.

Des études portant sur des procédés aussi bien continus que discontinus (procédés dits en *batch*) mettent en évidence des économies d'énergie possibles, qu'on pourrait réaliser avec des moyens appropriés. Avec un minimum de paramètres mesurés, on devrait pouvoir prédire, par exemple, la consommation d'énergie d'un procédé discontinu et de son infrastructure. L'EPF de Zurich teste en ce moment sur un certain nombre de pro-

ductions en *batch*, au sein de la chimie bâloise des spécialités, les modèles développés et les adaptent pour qu'ils soient applicables partout.

## La recherche appliquée mène à de nouvelles technologies des procédés

Cette année, on a étudié les besoins de la recherche et du développement en matière énergétique, tant dans l'industrie de production que dans le Domaine des EPF, dans les Universités et dans les HES. À ce jour, les résultats sont plutôt décevants. On n'attribue pour l'instant que peu d'importance à la recherche énergétique; l'industrie attend à trop court terme les retours sur les investissements supplémentaires consentis. Toutefois, les choses pourraient changer si les prix de l'énergie restaient élevés durablement.

Il y a indiscutablement peu de besoins de recherche pour les procédés traditionnels bien connus, alors qu'au contraire, les besoins sont considérables dans les nouvelles technologies susceptibles de remplacer les procédés actuels. La Confédération voit un intérêt tout particulier aux technologies dites transversales, c'est-à-dire celles qui ne sont pas attachées à des applications spécifiques à un secteur, mais qui peuvent être, au contraire, appliquées partout. La recherche publique va se concentrer principalement sur de tels procédés utilisables dans plusieurs secteurs, et cela afin d'atteindre les plus gros volumes possibles et de trouver pour ces procédés un large champ d'application.

*La technologie des procédés porte sur des opérations chimiques et physiques, donc aussi sur des procédés thermiques et de mélange, dont le bilan énergétique peut être amélioré.*  
(Photo: [www.cibasc.com](http://www.cibasc.com))

## Liens Internet

Activités du programme Technologie des procédés

[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)

(→ Conseils et prestations

→ Offre: Entreprises)



# Plus d'efficacité en perspective

Transport et utilisation de l'électricité : efficacité et rendement peuvent être considérablement améliorés

## 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

Augmenter l'efficacité énergétique constitue l'idée centrale du programme de recherche Électricité de l'OFEN. On en reconnaît vite l'enjeu économique considérable, si l'on se souvient que l'électricité représente près de 23 % de la consommation finale d'énergie du Pays. Une utilisation rationnelle des ressources existantes est indispensable à la résolution des problèmes énergétiques à long terme.

## L'utilisation de l'électricité en point de mire

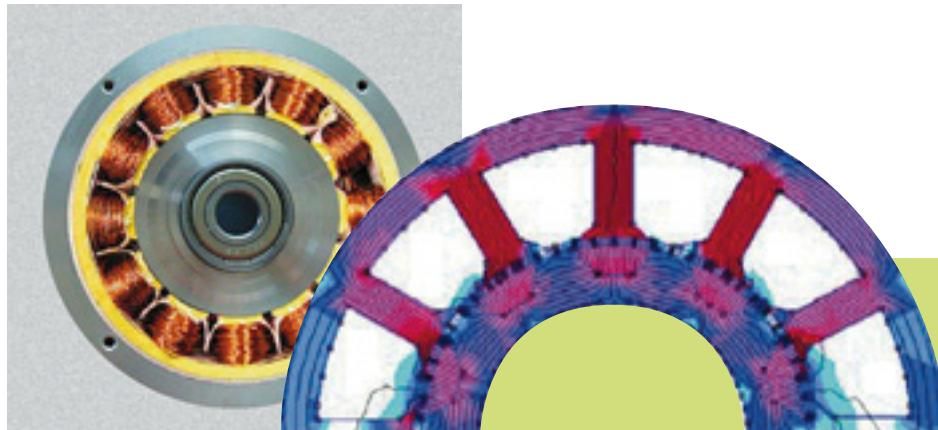
Les activités de recherche dans le domaine de l'utilisation rationnelle de l'électricité se

répartissent en trois secteurs :

- propulsion et moteurs électriques
- technologies de l'information et de la communication
- appareils électriques.

Plusieurs projets relatifs à ces sujets retiennent actuellement toute l'attention des chercheurs.

L'augmentation de l'efficacité des moteurs tout d'abord. En parallèle avec l'UE, on met au point les bases d'un futur accord avec l'industrie. Ces travaux devraient aboutir à promouvoir les moteurs de rendement élevé et à éliminer du marché les mo-



*Simulation de la densité du flux magnétique dans les barrettes du stator du moteur économe en énergie, pour différentes positions de l'aimant permanent.*  
(Photo : Bächli SA)

## Gros plan sur les moteurs électriques

Environ 45 % de l'énergie électrique est utilisée par des moteurs, dont la plupart sont des moteurs standard, d'une puissance de 1 à 22 kW. Certains moteurs triphasés asynchrones ont jusqu'à 50 % de pertes d'énergie. Le réglage de la vitesse de rotation et l'optimisation globale des systèmes de propulsion sont deux façons d'augmenter considérablement le rendement.

Le projet "Moteur économe en énergie" est un exemple des efforts de recherche et de développement effectués dans le domaine

des moteurs. Le fonctionnement et le rendement du moteur, objet de ce projet, ont été étudiés et améliorés en plusieurs étapes. Après avoir démontré son aptitude à fonctionner de manière efficace, on est passé à l'amélioration du procédé de bobinage et de la construction du stator. Des simulations et des tests effectués sur le banc d'essai de la HES de Lucerne ont confirmé les calculs préliminaires. La dernière étape va maintenant consister à optimiser la commande.

## Rapport final :

*Prototyp Energiesparmotor*; Jörg Weingartner (Bächli SA), Markus Lindegger (Circle Motor SA), 2004

Pour de plus amples informations sur le programme de recherche Électricité de l'OFEN : [www.electricity-research.ch](http://www.electricity-research.ch)

teurs de faible rendement. Avec le concept d'« entraînement intégral » (moteur asynchrone d'une puissance de 0,1 à 12 kW, avec convertisseur intégré, qui adapte la consommation d'énergie aux besoins effectifs), un pas décisif a été franchi vers des solutions nettement meilleures pour les pompes et les ventilateurs.

Grâce à une documentation d'élaboration récente, l'acheteur d'appareils informa-

breuses, l'interaction entre ces installations et le réseau électrique, la coupure temporaire de leur raccordement au réseau, l'offre de services en rapport avec les systèmes, la stabilité du réseau, etc., prennent de plus en plus d'importance. C'est pour cette raison que les effets des installations décentralisées de production sur le réseau basse tension ont été étudiés avec le concours de partenaires industriels.



tiques pourra désormais, au moment de faire son choix, tenir compte facilement de leur efficacité énergétique. Autre nouveauté : une prise multiple facile à installer, munie d'un *embedded Web-Server* (serveur *web* intégré), doit permettre d'éteindre les serveurs de manière contrôlée lorsque ceux-ci ne sont pas utilisés.

Du côté des machines à café, déjà fort répandues, et des distributeurs d'eau dont le nombre ne cesse d'augmenter, les recherches et les analyses effectuées devraient conduire à une utilisation plus efficace de ces appareils.

#### Nouvelles exigences pour le transport de l'électricité

Le transport et le stockage de l'électricité représentent un autre point fort du programme de recherche de l'OFEN. Du fait que les installations décentralisées de production d'énergie – par exemple, les modules photovoltaïques, le CCF utilisant la biomasse et les installations de piles à combustible – deviennent toujours plus nom-

Une prise multiple permet d'enclencher et de déclencher les serveurs selon un programme hebdomadaire.  
(Photo : EMT)

Autre sujet de recherche : les supraconducteurs à haute température. Dans ce domaine, la collaboration internationale revêt une importance particulière. Les possibilités d'application des limiteurs supraconducteurs de courant sont assez intéressantes. Le perfectionnement de certains concepts pourrait ouvrir de réelles opportunités de commercialisation.

#### Engagement accru nécessaire

L'encouragement de projets P+D devient beaucoup plus difficile puisque les crédits à la disposition de l'OFEN ont été coupés. Il faut espérer que l'industrie pourra prendre de plus en plus souvent la relève.

## Des timbres-poste pleins d'énergie

Pour la Journée philatélique 2004, la Suisse a choisi un timbre spécial, sur le thème de la force hydraulique, qui sera émis le 23 novembre 2004. Une exposition de timbres sur ce sujet, la *Limmattalphi 04*, aura lieu du 10 au 12 décembre à Dietikon (ZH). En 1888, cette Commune a construit sur la Limmat une centrale hydroélectrique classique au fil de l'eau ; plusieurs grandes unités industrielles s'y sont alors installées et sont depuis lors la marque de ce lieu. La centrale de la Compagnie d'électricité du Canton de Zurich (EKZ) possède deux turbines Kaplan d'un diamètre de 3,3 m datant de 1933. La production annuelle totale de ces deux turbines est d'environ 19,7 GWh.

Le choix du timbre spécial à 85 centimes s'est fait parmi neuf projets aux motifs différents sur le thème de l'énergie hydraulique. Le timbre gagnant du concours, désigné en mai, est l'œuvre du graphiste zurichois Walter Pfenninger.

Au début de 2004, l'Allemagne a émis un timbre-poste spécial au profit de la protection de l'environnement ; il représente l'énergie éolienne, l'énergie solaire thermique, la géothermie, la biomasse et l'énergie hydroélectrique. Il est de notoriété publique que ces sources d'énergie renouvelables prennent toujours plus d'importance en Allemagne. Leur quote-part dans la production totale d'électricité est passée de 4,6 % en 1998 à 8 % en 2002. D'ici à 2010, elle devrait atteindre 12,5 %.



# On cherche : marchés de niche

Des considérations technologiques globales incitent à concentrer les efforts sur des applications spécifiques

**Alphons Hintermann**

Responsable du domaine Piles à combustible à l'OFEN

Les applications potentielles théoriques des piles à combustible promettent beaucoup ; les difficultés techniques pour rendre leur production économique et adaptée à la vie de tous les jours sont toutefois encore considérables. Avec les piles à combustible, on pourrait atteindre un rendement élevé ; des obstacles au niveau des matériaux se répercutent toutefois sur les prix et limitent leur commercialisation.

Comme d'autres avancées technologiques sont encore attendues du côté de la combustion des agents énergétiques fossiles, cette dernière technique va encore dominer longtemps la conversion de l'énergie primaire. À moyen terme, la pile à combustible trouvera donc ses niches plutôt dans le marché de l'énergie secondaire. La question de son combustible ne se posera que lorsqu'elle sera produite en grandes quantités ; ce qui ne devrait pas être le cas dans les deux prochaines décennies.

Le programme de recherche de l'OFEN se concentre sur les piles à combustible PEFC à basse température et SOFC à haute température. L'éventail des projets va de la recherche fondamentale à la prospection de partenaires de l'économie privée, en passant par les travaux de développement au niveau des applications. On encourage en outre la création de compétences et de réseaux pour coordonner les activités et les internationaliser.

## À moyen terme, le futur se situe dans les applications de niche

Mises à part les exécutions luxueuses pour utilisations spéciales, les piles à combustible actuelles ne constituent pas – et de loin – une concurrence à prendre au



## SAM fonctionne sur PEFC

Le véhicule électrique léger SAM a été équipé par la HES de Bienne d'un système PEFC d'une puissance de 6 kW. Les piles à combustible combinées à un accumulateur lithiumion polymère, qui sert de réserve tampon, lui confèrent une plus grande autonomie. Pour commencer, il faut toutefois vérifier son aptitude aux conditions réelles d'utilisation. Le véhicule SAM et ses piles à combustible ont déjà été présentés cette année à la Foire industrielle de Hanovre et au Fuel Cell Forum à Lucerne. On prépare pour 2005 l'intégration d'un stack de 500 W refroidi à l'air.

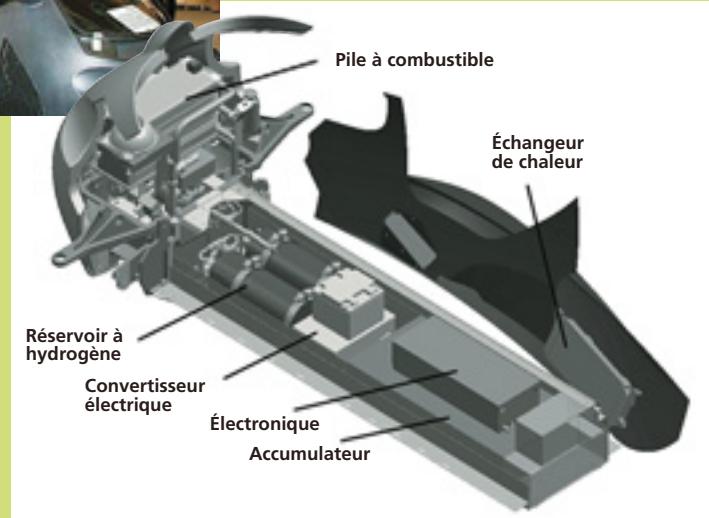
Pour d'autres informations :

[www.hti.bfh.ch](http://www.hti.bfh.ch)

(→ Elektro → Energiesysteme → Brennstoffzellen → Labor für Brennstoffzellen  
→ Projekte )



Positionnement de la pile, du réservoir d'hydrogène et du convertisseur dans le véhicule électrique léger SAM présenté à la Foire industrielle de Hanovre en 2004 par la société Umicore, partenaire du projet.





sérieux pour les technologies traditionnelles. Il est toutefois utile de tester les piles à combustibles provenant des laboratoires des chercheurs sur des applications concrètes pour vérifier leur aptitude aux conditions réelles d'utilisation et ainsi les améliorer. L'objectif est d'éliminer leurs défauts, puis de leur trouver un marché dans les applications de niche.

Les projets en cours montrent au grand jour la faisabilité d'un certain nombre d'applications bien ciblées : la propulsion de véhicules, en combinaison avec des *Super-Caps* et des accumulateurs ; une configuration pratique sous la forme d'une source de courant portable silencieuse ; une source auxiliaire de courant dans les véhicules (*Auxiliary Power Unit – APU*) ; enfin, des applications dans le secteur des petits appareils.

#### **Le savoir-faire industriel est plus que jamais requis**

Chaque fois que c'est possible, l'économie privée est associée au développement en commun des prémisses d'une industrie concurrentielle. Comme les piles à combustible sont surtout conçues en vue de leurs applications, le développement des produits doit tenir compte de tous les éléments à la fois. De plus, il faut aussi intégrer l'expérience industrielle pour faciliter le transfert ultérieur à partir des prototypes de cellules et de systèmes vers des stratégies rationnelles de fabrication et de commercialisation.

*L'utilisation dans les bateaux est une application de niche possible des systèmes compacts de piles à combustible. Leurs avantages résident ici dans leur fonctionnement silencieux et non polluant ou dans l'approvisionnement autonome et inodore en électricité.*  
(Photo: Hydroxy 3000, le bateau développé par la HES d'Yverdon, qui utilise une pile à combustible pour sa propulsion)

#### **Création d'un réseau pour la recherche et le transfert de technologie**

Avec la tenue, au printemps 2004, d'un séminaire à participation internationale sur la modélisation des piles à combustible, on a pu répondre au besoin de coordination des cahiers des charges des équipements. Cette initiative de la Suisse a déjà été reprise par l'Allemagne et devrait, avec la mise sur pied, à Stuttgart au printemps 2005, d'un second séminaire sur la modélisation, prendre sa place au calendrier.

Le 12 novembre 2004 a eu lieu à la HES de Bienné un colloque dit d'impulsion (*Impulstag*) sur les piles à combustible. Les représentants de la recherche et de l'industrie y ont présenté leurs nouveaux acquis en matière de composants et de systèmes. Les produits déjà disponibles y ont aussi été présentés, avec les perspectives qu'ils offrent. L'idée était de renforcer la mise en réseau des différents intervenants.

#### **Lien Internet**

Informations sur le programme de recherche de l'OFEN et sur le séminaire de modélisation :

**[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)**

(→ Faits, chiffres et technologies

→ Agents et techniques énergétiques

→ Pile à combustible)



#### **EnergyCube**

HTceramix, basée à Yverdon et Lausanne, développe et construit des stacks de piles à combustible basés sur la couche SOFConnex™ dont les propriétés plastiques compensent les irrégularités de surface des cellules. Cette couche autorise aussi la mise en place de structures compactes, l'utilisation de matériaux économiquement avantageux et de procédés de fabrication efficaces. La pile à combustible EnergyCube de 500 W fonctionne au propane et sert de générateur mobile.

Pour plus d'informations :

**[www.htceramix.ch](http://www.htceramix.ch)**



L'EnergyCube, un exemple de pile à combustible compacte.

# Penser au-delà des frontières

La recherche énergétique suisse recourt aux programmes internationaux pour les questions d'importance mondiale

**Christophe de Reyff**

Responsable du domaine Recherche internationale à l'OFEN

Au niveau international, la collaboration de la Suisse dans le domaine de la recherche énergétique repose sur deux piliers : d'une part, les Programmes-cadres de recherche et de développement technologique (PCRTD) de l'UE, qui offrent d'excellentes perspectives au développement en commun de nouvelles technologies ; d'autre part, l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), qui constitue un forum idéal pour travailler sur des problèmes qui se posent à l'échelle mondiale. Pour la Suisse, la collaboration internationale est inéluctable partout où la masse critique en matière d'infrastructures et de volume de recherche ne peut être atteinte et là où les dimensions des questions scientifiques qui se posent dépassent les frontières (par

exemple, l'énergie nucléaire). Dans les domaines de l'énergie et de l'environnement, la plupart des projets répondent à ce dernier critère.

## Les programmes de l'Union Européenne

Le sixième Programme-cadre de recherche et de développement technologique de l'Union Européenne (6<sup>e</sup> PCRTD) a été lancé fin 2002 ; il couvre une période planifiée de 4 ans (2003 – 2006). Son objectif ambitieux est la création d'un Espace européen de la recherche (EER, ERA en anglais), dans lequel la recherche et l'innovation doivent avoir pour l'économie de l'UE la même importance que le marché intérieur. L'instrument le plus important pour la

## Dorénavant, les chercheurs suisses sont partie prenante

La promotion de la recherche et du développement technologique fait partie des objectifs de l'Union Européenne depuis sa fondation. Au sein d'**Euresearch**, le réseau suisse d'information et de conseil pour les programmes européens de recherche, Giorgio Travaglini est le répondant national (*National Contact Point*) pour l'énergie, les transports et l'environnement, ainsi que pour l'organisation EURATOM. Il nous parle ici des projets en cours au sein de l'UE dans le cadre du développement durable.

### Quelle est l'importance des Programmes-cadres de recherche et de développement technologique (PCRTD) de l'UE pour la Suisse ?

**Giorgio Travaglini :** Je réponds à cette question dans le contexte de la "Priorité 6" du 6<sup>e</sup> PCRTD, intitulée "Énergie, transports terrestres et changements globaux". D'un point de vue politique, la Suisse est encore une île au milieu de l'Europe, mais elle est un pays européen à part entière en ce qui concerne la sécurité de l'approvisionnement en énergie

(y compris l'énergie nucléaire), les transports terrestres et les changements globaux. Grâce aux Accords bilatéraux, en matière de recherche la Suisse est pour ainsi dire un "État membre" de l'UE. Les problèmes liés au développement durable nécessitent des solutions dont la portée s'étend au minimum à l'Europe entière. Le 6<sup>e</sup> PCRTD de l'UE invite les États membres ainsi que la Suisse à unir leurs efforts de recherche afin d'harmoniser la politique du développement durable en Europe et d'assurer ensemble sa mise en place. Comment y parvenir ? Il faut, d'une part, au niveau de la recherche, éliminer les frontières nationales. D'autre part, malgré les procédures extrêmement complexes, typiques des projets européens et de leur gestion, nous devons tenter de :

- convaincre les centres de recherche, l'industrie et les PME de participer en commun à des projets de recherche dont l'importance est stratégique (*Integrated Projects*), afin de rendre l'Europe de moins en moins dépendante des combustibles fossiles ;



concrétisation de cette idée est précisément le 6<sup>e</sup> PCRDT.

Suite au récent élargissement de l'UE, le budget total de ce 6<sup>e</sup> PCRDT est passé de 17,5 à 19,235 milliards d'euros. En tant que pays pleinement associé depuis le début de 2004, la Suisse jouit des mêmes droits de participation que les pays membres de l'UE et doit aussi contribuer financièrement au budget, selon une clé de répartition définie par les Accords bilatéraux. C'est pourquoi le Conseil fédéral a décidé d'ajouter 40 millions de francs aux 835 déjà alloués précédemment pour toute la période 2003 à 2006.

### Des contacts très nombreux au niveau de la recherche mondiale

L'éventail des recherches de l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), fondée il y a 30 ans, comporte quasi exclusivement des thèmes d'intérêt mondial. Les 26 pays membres peuvent participer entièrement ou partiellement aux divers Pro-

grammes de l'AIE sous la forme d'Accords d'exécution (*Implementing Agreements*) et, dans ces conditions, mener des travaux de recherche au sein de ces Programmes dans leurs projets particuliers. La Suisse est signataire de 18 de ces Accords d'exécution et est ainsi présente dans une cinquantaine de projets ou tâches (*Tasks*), qui sont définies dans des *Annexes* aux Accords d'exécution.

Il est important pour l'AIE que le secteur de l'énergie, au niveau international et national, s'engage dans le sens d'un approvisionnement énergétique durable. Disposant de quantités de données, l'AIE offre un aperçu de l'état de la technique et des perspectives futures. En tant que membre de l'AIE, la Suisse a aussi un accès direct à la collection de documents de ETDE (*Energy Technology Data Exchange*), une banque de données qu'elle alimente également de son côté à partir des rapports et publications parus en Suisse et que l'on peut consulter sur le site ETDEWEB.

- créer des "Instituts de recherche" virtuels (*Networks of Excellence*) dans le but de former un réseau dense entre les divers centres à la pointe de la recherche et d'y éviter tout double emploi;
- coordonner les programmes nationaux de recherche dans le domaine de l'énergie au sein d'un Espace européen de la recherche (EER, en anglais *ERA*), à l'aide de *ERA-NET*.

Le mot d'ordre du 6<sup>e</sup> PCRDT dans le cadre de la durabilité est "*Think globally and act locally*" (Pense globalement et agis localement!). Cela est également valable pour la Suisse, en particulier parce que les objectifs de la "Priorité 6" touchent directement notre Pays.

### Le 6<sup>e</sup> PCRDT est en cours. Que pensez-vous de la participation suisse ?

Si l'on se base sur les statistiques qui remontent à la fin de l'année 2003, la participation des Suisses aux premiers appels d'offre du 6<sup>e</sup> PCRDT conduit à un bilan positif. Au total,

311 offres comprenant 499 participations suisses ont été acceptées. Le taux moyen d'acceptation est de 21,8 %, ce qui est un peu supérieur à la moyenne de 19,7 % des 15 États de l'UE. Dans le domaine de l'énergie à moyen et à long terme (*Energy medium to long term*), le taux d'acceptation des offres est excellent pour la Suisse, environ 35,6 %, alors que la moyenne européenne se situe autour de 23,9 %.

### Quelle place occupent la recherche et le développement technologique en matière d'énergie au sein du 6<sup>e</sup> PCRDT ?

La Commission Européenne a défini le développement durable comme fil conducteur du 6<sup>e</sup> PCRDT. Et pourtant, ce sont les priorités dotées des meilleures chances de succès commercial qui reçoivent les subventions les plus élevées, c'est-à-dire, en premier lieu, les biotechnologies (2'255 M€) et les technologies de l'information (3'625 M€). Avec un budget de 2'120 M€, la "Priorité 6" semble avoir droit, à première vue, à la même pro-

### Liens Internet

Aperçu de la recherche internationale

[www.suisse-energie.ch](http://www.suisse-energie.ch)

(→ Recherche & formation → Recherche sur le plan international)

Office fédéral de l'éducation et de la science

[www.bbw.admin.ch](http://www.bbw.admin.ch)

(→ Recherche)

6<sup>e</sup> Programme-cadre de recherche et de développement technologique de l'UE

<http://europa.eu.int/comm>

(→ Recherche → 6<sup>e</sup> Programme-cadre)

Agence Internationale de l'Énergie (AIE)

[www.iea.org](http://www.iea.org)

Collection de rapports et de publications sur la recherche énergétique de ETDE, la plate-forme d'information de l'AIE

[www.etde.org](http://www.etde.org)

motion. Mais ce budget est en fait constitué des moyens mis à disposition à la fois pour l'énergie (810 M€), les transports (610 M€) et l'environnement (700 M€). Il suffit donc de comparer les divers montants pour se rendre compte de la place attribuée à la recherche énergétique. En outre, dans le 6<sup>e</sup> PCRDT, les deux domaines Énergie et Environnement ont perdu respectivement 232 M€ et 383 M€, soit au total 615 M€, par rapport au 5<sup>e</sup> PCRDT !

J'espère que, dans le cadre du prochain 7<sup>e</sup> PCRDT, l'énergie aura droit à quelques millions d'euros supplémentaires, en particulier dans les domaines du photovoltaïque et des piles à combustible. C'est ainsi que des plates-formes technologiques (*Technology Platforms*) ont été créées pour ces deux derniers domaines, afin d'établir une liste des sujets stratégiques de recherche (*Strategic Research Agenda*) pour le 7<sup>e</sup> PCRDT et en vue d'inciter aussi le secteur privé à investir dans la recherche dans ces domaines.

[www.euresearch.ch](http://www.euresearch.ch)

## Recherche énergétique en général

**Energie-Forschung 2003 / Recherche énergétique 2003;** Überblicksberichte der Programmeile / Rapports de synthèse des chefs de programme; BFE/OFEN; 05.2004; DE, FR; 230 S.; F&E; SFr. -.; ENET-Nr. 240052

## Accumulateurs + Supercaps

**Efficiency énergétique des P&R;** Annex: Conclusions de l'OFEN sur quelques P+R, à l'adresse des services fédéraux, des cantons, des communes et des entreprises de transport; Rapport; Guillaume-Gentil S.; Camandonna Ch.; Stucki M.; Baumgartner P.; Lippuner Ch.; Transitec Ingénieurs-conseils; 03.2004; FR; 173 p.; F&E; SFr. 81.-; ENET-Nr. 240068

**Efficiency énergétique des P&R;** Anhang: Schlussfolgerungen des BFE zu P+R-Anlagen zuhanden von Bundesstellen, Kantonen, Gemeinden und Transportunternehmen; Rapport; Guillaume-Gentil S.; Camandonna Ch.; Stucki M.; Baumgartner P.; Lippuner Ch.; Transitec Ingénieurs-conseils; 03.2004; DE; 91 S.; F&E; SFr. 81.-; ENET-Nr. 240069

## Biomasse

**Mobilisierung des Marktpotenzials von Biogasanlagen in der Schweiz;** Vorstudie: Synthese des vorhandenen Wissens zu Hemmnissen und Förderfaktoren landwirtschaftlicher und gewerblich-industrieller Biogasanlagen; Schlussbericht; Umbach-Daniel A.; Rütter H.; Rütter + Partner; 03.2004; DE; 91 S.; F&E; SFr. 35.-; ENET-Nr. 240040

## Électricité

**OPAL-Erweiterung mit Lüfter- und Pumpensystemen;** Schlussbericht; Tanner R.; Semafor, Informatik & Energie; 12.2003; DE; 53 S.; F&E; SFr. 35.-; ENET-Nr. 230301

**Effizienzpotenzial bei Heissgetränkeautomaten in der Betriebsverpflegung;** Schlussbericht; Grieder Th.; Huser A.; Schmitz R.; Encontrol GmbH; 12.2003; DE; 62 S.; F&E; SFr. 35.-; ENET-Nr. 230304

**Effizienzpotenzial bei Heissgetränkeautomaten in der Betriebsverpflegung;** Anhang zum Schlussbericht; Grieder Th.; Huser A.; Schmitz R.; Encontrol GmbH; 12.2003; DE; 44 S.; F&E; SFr. 25.-; ENET-Nr. 230305

**Konzept des Forschungsprogramms „Elektrizität“ 2004 - 2007;** Brüniger R.; 01.2004; DE; 40 S.; F&E; SFr. 25.-; ENET-Nr. 240046

**Einsatz von Druckluftspeichersystemen;** Schlussbericht; Cyphelly I.; Rufer A.; Brückmann Ph.; Menhardt W.; Reller A.; I. Cyphelly & Cie.; 05.2004; DE; 25 S.; F&E; SFr. 18.-; ENET-Nr. 240049

**Usage of Compressed Air Storage Systems;** Final report; Cyphelly I.; Rufer A.; Brückmann Ph.; Menhardt W.; Reller A.; I. Cyphelly & Cie.; 05.2004; EN; 14 p.; F&E; SFr. 18.-; ENET-Nr. 240050

**Energieverwaltung mit Windows® Server 2003;** Merkblatt für System-Betreuer / Power Management with Windows® Server 2003; Leaflet for System Administrators; Huser A.; Encontrol GmbH; 04.2004; DE, EN; 4 S., 4 p.; F&E; SFr. -.; ENET-Nr. 240051

**Grundlagen zur Energieeffizienz von Set-Top Boxen;** Schlussbericht; Grieder Th.; Huser A.; Encontrol GmbH; 06.2004; DE, EN; 63 S., 63 p.; F&E; SFr. 35.-; ENET-Nr. 240055

**Erfahrungen in der Anwendung von ACPI bei Windows-Servern;** Schlussbericht; Huser A.; Grieder Th.; Encontrol GmbH; 07.2004; DE; 39 S.; F&E; SFr. 25.-; ENET-Nr. 240073

**Findings relating to the use of ACPI in Windows servers;** Final report; Huser A.; Grieder Th.; Encontrol GmbH; 07.2004; EN; 33 p.; F&E; SFr. 25.-; ENET-Nr. 240074

**Prototyp Energiesparmorotor;** Schlussbericht; Weingartner J.; Lindegger M.; Bächli AG; 04.2004; DE; 30 S.; F&E; SFr. 25.-; ENET-Nr. 240075

**Elektrizitätseffizienz in Kehrichtverwertungsanlagen - Fallbeispiel KVA Turgi;** Schlussbericht; Hänný D.; Schnyder G.; Schnyder Ingenieure AG; 07.2004; DE; 48 S.; F&E; SFr. 25.-; ENET-Nr. 240080

## Combustion

**Einsatz der rechnergestützten Simulation für die turbulente Verbrennung in der industriellen Produktentwicklung (CRFD);** Schlussbericht; Wright Y. M.; Boulouchos K.; Institut für Energietechnik; 12.2003; DE; 13 S.; F&E; SFr. 18.-; ENET-Nr. 230306

**Demonstration eines optischen Sensors zur Unterstützung der Entwicklung von schadstoff-farmen motorischen Verbrennungssystemen;** Schlussbericht; Kunte S.; Boulouchos K.; Institut für Energietechnik; 03.2004; DE; 11 S.; P&D; SFr. 18.-; ENET-Nr. 240053

**Erarbeitung eines thermodynamisch basierten Modellierungsverfahrens für den Otto-DI-Verbrennungsprozess;** Schlussbericht; Koch Th.; Schänzlin K.; Boulouchos K.; Institut für Energietechnik; 03.2004; DE; 123 S.; P&D; SFr. 63.-; ENET-Nr. 240054

**Common-Rail Brennverfahren für EURO-III und EURO-IV taugliche Nutzfahrzeugdieselmotoren;** Schlussbericht; Bertola A.; Boulouchos K.; Institut für Energietechnik; 03.2004; DE; 13 S.; P&D; SFr. 18.-; ENET-Nr. 240058

## Géothermie

**Wärme-Contracting Geothermie-Doublette Siedlung Solar One, Itingen BL;** Messungen Energieverbrauch; Schlussbericht; Häring M. O.; Leimer Th.; Wahl S.; Häring Geothermal Contractors; 02.2002; DE; 20 S.; P&D; SFr. 18.-; ENET-Nr. 220365

**Deep Heat Mining; Entwicklung der Hot-Dry-Rock / Hot-Wet-Rock Technologie zur Strom- und Wärmeproduktion in der Schweiz;** Schlussbericht; Häring M. O.; Hopkirk R.; Häring Geo Project; 12.2003; DE, FR; 41 S.; F&E; SFr. 25.-; ENET-Nr. 230302

**Etude de la valorisation des rejets thermiques des Bains de Lavey;** Rapport final; BSI Bureau de Service et d'Ingénierie SA; Les Bains de Lavey SA; 05.2004; FR; 21 p.; P&D; SFr. 18.-; ENET-Nr. 240048

**Statistik Geothermische Nutzung der Schweiz für die Jahre 2002 und 2003;** Schlussbericht; Signorelli S.; Andenmatten Berthoud N.; Kohl T.; Rybach L.; 07.2004; DE; 32 S.; F&E; SFr. 25.-; ENET-Nr. 240072

**Arbeiten für das IEA Geothermal Implementing Agreement (GIA) 2004;** Zwischenbericht August 2004; Rybach L.; Geowatt AG; 08.2004; EN; 208 p.; F&E; SFr. 100.-; ENET-Nr. 240078

## Photovoltaïque

**MobiCat solar-elektrisches Passagierschiff;** Schlussbericht; Minder R.; Bielersee Schiffahrtsgesellschaft; 12.2003; DE; 21 S.; P&D; SFr. 18.-; ENET-Nr. 230297

**Monitoring of the 16.8 kWp PV-plant with CIS modules in St. Moritz;** Rapporto finale; Cereghetti N.; Rätia Energie AG; 03.2004; IT; 18 p.; P&D; SFr. 18.-; ENET-Nr. 240036

**PV Eurodach amorph;** Schlussbericht; Gubser M.; Kessler H.; Flumroc AG; 03.2004; DE; 13 S.; P&D; SFr. 18.-; ENET-Nr. 240038

**PV-Obelisk Orientierungssystem mit Photovoltaik;** Schlussbericht; Ruoss D.; Rasmussen J.; Enecolo AG; 03.2004; DE; 53 S.; P&D; SFr. 25.-; ENET-Nr. 240039

**Programm Photovoltaik Ausgabe 2004;** Überblicksbericht 2003; NET Nowak Energie & Technologie AG; 03.2004; DE; 36 S.; F&E; SFr. -.; ENET-Nr. 240044

**Programme photovoltaïque édition 2004;** Rapport de synthèse 2003; NET Nowak Energie & Technologie AG; 05.2004; FR; 37 p.; F&E; SFr. -.; ENET-Nr. 240045

**Installation photovoltaïque sur la halle 6 de Geneva Palexpo;** Rapport final; Keller L.; Rhyner R.; SSES; 03.2004; FR; 18 p.; F&E; SFr. 18.-; ENET-Nr. 240057

**Photovoltaic Programme Edition 2004;** Summary Report, Project List, Annual Project Reports 2003 (Abstracts); NET Nowak Energie & Technologie AG; 06.2004; EN; 120 p.; F&E; SFr. -.; ENET-Nr. 240061

**Étude et amélioration de la fiabilité des cellules solaires sur substrats polymères;** Rapport final; Fischer D.; Ziegler Y.; Closset A.; VHF-Technologies SA; 04.2004; FR; 46 p.; F&E; SFr. 25.-; ENET-Nr. 240064

**15 kWp Photovoltaik Dachintegration Pfadiheim Weiermatt;** Schlussbericht; Jenni H.; Szacsavay T.; Heimverein Falkenstein Künziz; 07.2004; DE; 9 S.; P&D; SFr. 18.-; ENET-Nr. 240081

## Chaleur solaire

**Solaire actif: chaleur et stockage de chaleur; Solarwärme und Wärmespeicherung;** Activités et projets en 2003; Synthèse et rapport annuel des mandataires; Hadorn J.-Ch., Planair SA; 12.2003; DE, FR; 192 S.; F&E; SFr. 100.-; ENET-Nr. 230309

**GEOSER Stockage solaire à court terme en serres horticoles;** Rapport final; Hollmuller P.; Lachal B.; Jaboyedoff P.; Reist A.; Gil J.; Danloy L.; 12.2002; FR; 91 p.; F&E; SFr. 46.-; ENET-Nr. 220364

## Chaleur ambiante

**Kombinierte Kälte- / Wärmepumpen- Verdichter-Anlage in der Eissporthalle; St. Jakob ARENA / 4142 Münchenstein / BL;** Zwischenbericht; Frey P.; Bertozi L.; Industrielle Werke Basel; 08.2003; DE; 27 S.; F&E; SFr. 18.-; ENET-Nr. 230290

**Heizungsanlage Hintere Aumatt 3032 Hinterkappelen, Erfolgskontrolle Gasmotor - Wärmepumpe; Heizperiode 2002 / 2003;** Bericht; Hämmann F.; 12.2003; DE; 15 S.; P&D; SFr. 18.-; ENET-Nr. 230295

**Erfolgskontrolle; Heizzentrale mit indirekter Gasmotor-Wärmepumpe; Berufsschulen Bern-Lorraine;** Schlussbericht; Eggen B.; Lanz St.; Dr. Eicher + Pauli AG; 11.2003; DE; 37 S.; P&D; SFr. 25.-; ENET-Nr. 230296

**Abwärmenutzung aus bestehendem Schmutzwasserkanal in Binningen; Energiebilanz und Betriebsverhalten im Jahr 2003;** Schlussbericht; Dietler M.; Gruneko AG; 02.2004; DE; 7 S.; P&D; SFr. -.; ENET-Nr. 240040

**FAWA – Feldanalyse von Wärmepumpen-Anlagen;** Tagungsband; Rognon F. (Hrsg.); 06.2004; DE; 79 S.; F&E; SFr. 30.-; ENET-Nr. 240056

**Remplacement du chauffage électrique par une installation PAC air/eau;** Rapport final; Conti & Associés Ingénieurs SA; 05.2004; FR; 24 p.; P&D; SFr. 18.-; ENET-Nr. 240076

**Annexes 1-11: Remplacement du chauffage électrique par une installation PAC air/eau;** Annexes 1 - 11; Conti & Associés Ingénieurs SA; 05.2004; DE; 77 S.; 77 p.; P&D; SFr. 46.-; ENET-Nr. 240077

## Technologie des procédés

**Analysis and Modelling of the Energy Consumption of Chemical Batch Plants;** Final report; Bielek P. S.; 03.2004; EN; 78 p.; F&E; SFr. 46.-; ENET-Nr. 240033

## Transports

**Erdgasbusprojekt;** Schlussbericht; Ambühl D.; Fernandez J.; ETHZ Inst. für Mess- und Regeltechnik; 12.2003; DE; 74 S.; F&E; SFr. 35.-; ENET-Nr. 230298

**Auswirkungen von Eco-Drive bei Fahrzeugen im Jahr 2010;** Bericht; Ambühl D.; Schilter A.; ETHZ Inst. für Mess- und Regeltechnik; 10.2003; DE; 36 S.; F&E; SFr. 25.-; ENET-Nr. 230299

**Neuartiger Hybridantrieb für Leichtmobile; Esoro Hybrid 1; Esoro Twin Trak;** Schlussbericht; Jaggi D.; Giger Th.; Esoro AG; 09.2003; DE; 84 S.; F&E; SFr. 46.-; ENET-Nr. 230303

**Handout BFE-Forschungstagung Technologiebereiche Verkehr + Akkumulatoren;** Tagungsunterlagen; Schmid H. L. et al.; 02.2004; DE, EN, FR; 124 S.; F&E; SFr. 63.-; ENET-Nr. 240032

## Force hydraulique

**Wasserkraftwerk am Tambobach, Medels GR (ohne Anhang);** Vorprojektstudie 2004; Krähenbühl H.-U., Hydrelle Ingenieure; 03.2004; DE; 9 S.; F&E; SFr. -.; ENET-Nr. 240079