

Juillet 2002

ENET NEWS

Nouvelles de la recherche énergétique



Biomasse
Le séchage à l'énergie solaire

Énergie éolienne
Tout tourne autour des sites

Bâtiments
Soleil et bois

www.energieforschung.ch

 **suisse énergie**

OFEN

Recherche énergétique 20013
Discutée à fond et mise au point.....4

CORE

L'énergie, une prise de conscience acquise...5

ENET

Le potentiel des nanotechnologies dans le
domaine de l'énergie7

Fondements de l'économie énergétique

Se mettre ensemble au lieu de renoncer.....9
NewRide et la promotion des *E-Bikes*10

Biomasse

Séchage solaire = économie de mazot11

Bois

Les granulés de bois sous la loupe.....12

Chaleur solaire

Stockage en sous-sol.....14

**Photovoltaïque**

Rétrospective – Aperçu – Perspective.....15
Déjà plus de 10 GWh par an15

Chimie solaire

L'énergie solaire est transformable16
SolarPACES à Zurich.....16

Transfert de technologie

De la compétence dans la gestion
de la recherche17

Manifestations17

**Énergie éolienne**

Tout tourne autour des sites.....18
Juvent a les plus puissantes20
Aucune n'a encore tourné à une
telle altitude.....22
La puissance croît quadratiquement24

Petits aménagements hydrauliques

L'ISKB et la LME : c'est oui27
Revita : Cormoret fournit à nouveau de
l'électricité28

Piles à combustible

La mobilité de PowerPac29

**Bâtiments**

Soleil et bois30
Emmagasiner de la chaleur dans les murs..31

Chaleur ambiante

Test en régime dynamique32

Énergie nucléaire

PROTEUS: une approche de la réalité34

Nouvelles publications36

Impressum

ENET-NEWS
Nouvelles de la recherche énergétique

Juillet 2002 / N° 52

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

Éditeur
Office fédéral de l'énergie OFEN
Worbentalstrasse 32
CH-3063 Ittigen

Adresse postale
Case postale
CH-3003 Berne

Rédaction
ENET Communication
Jürg Wellstein
Parkstrasse 15
CH-4106 Therwil

Tél. +41 61 726 92 18
Téléfax +41 61 726 92 11
enet.kommunikation@bro.ch

Annonces
ENET Communication
Administration
Tél. +41 61 726 92 20
Téléfax +41 61 726 92 41

Traduction française
Jean-Marc Suter
Suter Consulting
Postfach 130
CH-3000 Bern 16

Reproduction autorisée seulement avec
l'indication de la source.

Papier sans chlore
Imprimé en Suisse.

Photo de couverture

L'éolienne de la classe 800 kW située à l'altitude la plus élevée au monde vient d'être installée sur la Gutsch. L'OFEN soutient ce projet P+D qui permettra d'en savoir plus sur l'exploitation de l'énergie éolienne en zone alpine.

Des exportations avec le vent en poupe

Une fois de plus, le nombre des éoliennes en service dans le monde entier s'est accru ; ce mode de production d'énergie entre ainsi dans la catégorie des technologies à prendre au sérieux. Le mérite de sa diffusion croissante revient aussi bien aux progrès techniques qu'aux conditions-cadres économiques favorables. Au lieu de se battre contre les moulins à vent, comme le fit autrefois Don Quichotte, le monde évolue et découvre qu'il est possible de produire de l'électricité en quantité considérable sans rejeter de CO₂ dans l'environnement.

Comparativement, le développement de l'énergie éolienne en Suisse n'a pas reçu la même impulsion. Cependant, tant la prochaine loi sur le marché de l'électricité (LME) que les objectifs clairement formulés du DETEC ont récemment affiché la volonté politique de développer l'énergie éolienne. Grâce à la gratuité de l'acheminement du courant produit et grâce au tarif fixé pour son rachat, la LME donne une nouvelle chance à cette source d'énergie renouvelable. L'objectif quantitatif réalisable à moyen terme, fixé par les trois offices fédéraux concernés, exerce une certaine pression au niveau de la réalisation des installations ; les parties en présence, opposants et promoteurs, devront discuter autour du tapis vert. Seules des solutions raisonnables et optimisées du point de vue de l'emplacement, des infrastructures, de la dimension des installations et de la technologie adoptée nous permettront de contribuer de manière durable à l'approvisionnement énergétique du Pays. Cette stratégie de mise en œuvre doit réunir *tous* les intéressés.

S'il est question, d'un côté, d'utiliser activement l'énergie éolienne dans notre Pays, il est, à mon avis, un aspect qui semble plus important encore que l'énergie produite : le bénéfice dont l'économie tirera profit au moyen des services et produits liés aux projets d'implantation d'éoliennes. Des moteurs de bateaux, nous en avons construit et commercialisé, sans pour cela être une nation typique de marins ; des machines textiles, nous en avons exporté dans le monde entier, sans récolter le moindre gramme de coton dans nos propres champs ; nous pourrons, par conséquent, prendre part au développement et à la construction d'éoliennes sans qu'un vent impétueux ne doive balayer notre pays en permanence ! Nous possédons le savoir-faire et l'expérience industrielle, et nous sommes prêts à tenir compte des exigences variables d'un site à l'autre du globe. Sur cette base, le développement d'un marché d'exportation est tout à fait possible. Le financement parallèle d'un certain nombre de projets de recherche et d'études appropriées s'avère important afin de créer les compétences indispensables. Le vent a de l'avenir, surtout si nous tirons parti, grâce à un marché indigène de dimension adéquate, des avantages traditionnels de notre industrie qui a l'habitude d'œuvrer avec succès sur la scène internationale.

Walter Schmied

Conseiller national,
Président de Suisse Éole

OFEN

Recherche énergétique 2001

L'Office fédéral de l'énergie est responsable de la mise en œuvre du *Plan directeur de la recherche énergétique de la Confédération*. L'OFEN soutient par ailleurs la recherche, le développement et la démonstration dans le domaine de l'énergie avec des moyens, dits subsidiaires, qui complètent les efforts des centres de recherche privés et publics, là où des lacunes sont détectées. Le programme SuisseEnergie encourage de son côté l'introduction des technologies qui sont déjà au point.

La nouvelle publication "*Recherche énergétique 2001 – Rapports de synthèse des chefs de programme*" présente, dans 18 articles écrits par les responsables des programmes de la recherche énergétique, une vue d'ensemble des progrès réalisés dans 208 projets de recherche, ainsi que dans 142 installations pilotes ou de démonstration.

Citons, par exemple, dans le domaine des sources d'énergie renouvelables, les systèmes suisses d'intégration et de fixation des modules photovoltaïques, qui sont aujourd'hui utilisés dans toute l'Europe. Évoquons également la première installation de gazéification du bois qui a été mise en service avec succès, il y a quelque temps, ainsi que les progrès dans le développement de nouvelles pompes à chaleur destinées au marché de la rénovation. On s'efforce d'utiliser l'énergie de manière plus rationnelle, aussi bien dans le bâtiment que dans le domaine de la propulsion électrique et de la mobilité.

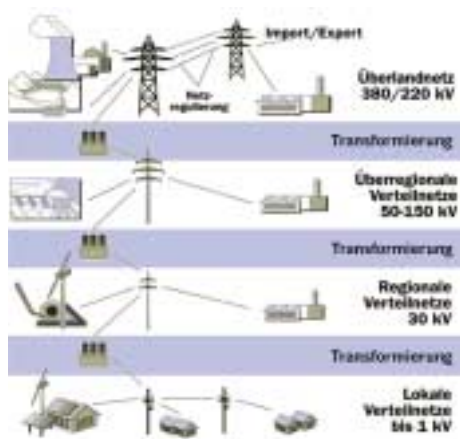
Recherche énergétique 2001:
www.suisse-energie.ch (recherche)
www.energieforschung.ch
(publications)



Discutée à fond et mise au point

Une ordonnance bien structurée et équitable favorisera l'ouverture du marché de l'électricité

L'ordonnance sur le marché de l'électricité (OME) sera mise en vigueur par le Conseil fédéral si la loi correspondante (LME) est adoptée lors du référendum du 22 septembre 2002. Au cours de la consultation, cette ordonnance a donné lieu à une discussion très controversée au sein des milieux intéressés. Sa version finale a été mise au point au printemps, suite aux entretiens menés avec ces milieux. Le consensus obtenu prend en considération divers aspects essentiels de l'approvisionnement en électricité. Celui-ci doit demeurer, comme jusqu'à présent, fiable, d'un prix abordable et acceptable socialement ; il doit également ménager l'environnement. Il y aura lieu d'éviter toute expérimentation risquée et de procéder plutôt par étapes.



Le réseau électrique suisse est divisé en quatre niveaux de tension et trois niveaux de transformation. Les diverses installations de production d'électricité peuvent injecter du courant à tous les niveaux et la clientèle peut, elle, en acheter à plusieurs niveaux. (Graphique : AES)

La transparence révèle l'efficacité obtenue

Une exploitation efficace des réseaux et des installations de production est prévue pour assurer les intérêts des consommateurs. Un instrument important sera la comparaison de l'efficacité. Cette évaluation comparative des performances permettra aux diverses entreprises de reconnaître leurs forces et leurs faiblesses, et, par conséquent, d'améliorer leurs prestations, cela grâce à un effort constant et à un recours à des méthodes systématiques. L'évaluation des performances représente donc un processus d'apprentissage important.

En cas d'efficacité insuffisante ou d'abus en matière de prix, une commission d'arbitrage, dont les compétences ont été élargies par rapport au projet d'ordonnance initial, pourra prendre des mesures correctives. La transparence dans le secteur du courant électrique est garantie par diverses dispositions, comme celles prévoyant une comptabilité séparée pour éviter les subventions croisées, et celles sur la désignation de l'origine et du mode de production de l'électricité. Par conséquent, l'électricité écologique pourra être fournie directement au

Des feuillets explicatifs sur la LME

La page Internet de SuisseEnergie offre des feuillets explicatifs sur la LME. Les thèmes vont des déclarations traitant du "service public" à la promotion de l'énergie hydraulique et d'autres sources d'énergie renouvelables, en passant par la défense des consommateurs. Les aspects économiques et les répercussions au niveau international y sont également abordés. On y trouve enfin des informations relatives à la situation européenne, ainsi qu'une comparaison avec la réalité californienne.

www.suisse-energie.ch
(Nouvelles)

Ouverture du marché de l'électricité

La conférence de l'OFEN intitulée "Ouverture du marché de l'électricité – Contributions de la recherche en matière d'économie énergétique" a eu lieu le 22 mars 2002 à Zurich. Elle avait pour thème l'état actuel de la loi et de l'ordonnance sur le marché de l'électricité. Les études réalisées éclairent les principaux aspects de l'évaluation des performances sur laquelle se fonde le calcul des coûts du réseau, les bases du tarif de son utilisation, la contradiction apparente entre libéralisation et "service public", ainsi que les réflexions sur le mode de fonctionnement de la société d'exploitation du réseau.

Vous pouvez trouver les comptes-rendus de la conférence à l'adresse suivante :

www.ewg-bfe.ch
rubrique "Strommarkt"

consommateur final intéressé, dès l'ouverture du marché. Pendant les dix premières années, cet approvisionnement sera exempt de toutes taxes, cela afin d'encourager la production à partir de sources d'énergie renouvelables, par exemple, par de petits aménagements hydrauliques, des éoliennes ou des installations photovoltaïques.

Une réglementation adaptée à un développement plus durable

La LME concerne plus particulièrement le réseau, c'est-à-dire là où subsistera un monopole, donc même après l'ouverture du marché. Cette loi crée des conditions équitables pour l'accès au réseau, pour l'utilisation de ce dernier et pour la rétribution dans les réseaux de transport et de distribution. Elle tend vers la durabilité du marché de l'électricité aux points de vue écologique, économique et social.

L'énergie, une prise de conscience acquise

Dans notre petit Pays, une place de choix doit revenir à l'énergie produite de manière décentralisée à partir de sources renouvelables

La CORE (Commission fédérale pour la recherche énergétique) supervise les stratégies de base de la recherche énergétique et élabore des lignes directrices à l'intention des instances de décision de la Confédération. Au sein de la CORE, la charge du suivi des programmes de recherche Petits aménagements hydroélectriques, Géothermie et Énergie éolienne, revient à Ernst Jakob, chef la Division Énergie de l'Office de l'économie hydraulique et énergétique du Canton de Berne.

ENET-NEWS: Pour quelles raisons assiste-t-on depuis quelques années à une forte croissance de l'utilisation de l'énergie éolienne dans le monde entier ?

Ernst Jakob : depuis quelque temps, on se rend compte du potentiel considérable de cette source d'énergie renouvelable. En toile de fond figurent les problèmes d'approvisionnement en énergie, rencontrés dans le monde entier, et les développements technologiques importants réalisés dans le domaine des installations éoliennes.

Que pensez-vous de la situation de l'énergie éolienne en Suisse ?

Les principes de base sur lesquels repose l'exploitation actuelle de l'énergie éolienne sont bien connus : nous avons déjà des installations qui fonctionnent avec succès, mais leur nombre n'augmente pas autant que dans les pays jouxtant la mer. Chez nous, bien que le développement potentiel soit considérable, l'énergie éolienne ne pourra guère couvrir plus de 10% de nos besoins en électricité. Pour l'instant, l'électricité écologique est vendue grâce à la forte demande qu'elle suscite ; à long terme, elle devrait aussi devenir concurrentielle sur le marché traditionnel. J'attends de la recherche énergétique qu'elle crée des concepts adaptés à la mise en œuvre de ces installations dans notre pays si densément peuplé. L'étude et la réalisation des installations doivent être standardisées en respectant, bien entendu, les préoccupations écologiques, économiques et sociales.

Dans un pays relativement petit comme le nôtre, il me semble également important de rendre visible les équipements énergétiques : les pylônes électriques, les barrages de béton, les centrales nucléaires, les modules solaires sur les toits, etc. et évidemment les éoliennes. Tous contribuent à la discussion sur l'énergie ; la participation de nos concitoyens aux votations sur l'énergie en dépend. Les programmes d'action de

“C'est parce que l'approvisionnement en énergie ne sera jamais sans problèmes, que nous devons investir l'argent là où son effet sera le plus durable.”

l'OFEN ont des répercussions positives : ils ont favorisé la création de réseaux d'intervenants, par exemple, en ce qui concerne les sources d'énergie renouvelables, et ils stimulent la communication.

D'après vous, où l'utilisation d'éoliennes est-elle particulièrement indiquée en Suisse ?

Ces équipements doivent, d'une part, contribuer à l'approvisionnement en énergie, aussi bien vers le réseau électrique que vers des installations non raccordées au réseau. D'autre part, et plus que tout autre, l'exploitation de l'énergie éolienne est le type même de technologie qui s'inscrit admirablement dans la tradition industrielle suisse et dans ses marchés d'exportation. J'y vois des retombées très positives, aussi bien pour l'économie publique que pour le marché intérieur.



Ernst Jakob : une bonne économie de l'énergie a aussi un effet positif sur l'industrie. Nous ne devons pas nous limiter à la Suisse, mais penser dans un contexte international.

Dans son Plan directeur 2000 – 2003, la CORE a mentionné la disparité entre le potentiel éolien et les possibilités effectives de réalisation. Y a-t-il eu des changements depuis ?

Non, la situation n'a guère changé. Toutefois, il ne faut pas omettre que ce genre de disparité est un obstacle fréquemment rencontré dans le domaine des nouvelles technologies. L'évaluation des conditions-cadres pour l'introduction de ces technologies n'est en outre pas toujours très correcte au premier abord. C'est justement dans la recherche qu'il faut miser sur des potentiels réalisables à long terme, et donc sur ceux qui, actuellement, sont encore peu rentables.

Jusqu'à présent, seuls les projets P+D disposaient de moyens de promotion, modestes en l'occurrence. Entre-temps le DETEC a formulé un but ambitieux (jusqu'à 100 GWh/an en 2010). Cela aura-t-il des répercussions sur les contingences de la promotion ?

C'est là un objectif très ambitieux et extrêmement important; il convient de s'en féliciter. Il ne faut toutefois pas créer de mauvais exemple (par exemple, des parcs d'éoliennes monstrueux), mais plutôt réaliser des projets satisfaisants dans des endroits appropriés. Par ailleurs, il convient de soutenir également des activités de développement à long terme et d'actualiser continuellement la direction de la recherche sur la base des nouvelles découvertes.

Que pensez-vous des discussions au sein de la CORE quant aux priorités à attribuer aux différents agents énergétiques ?

Il va de soi que les opinions exprimées dans cette commission divergent. Mais un climat de collaboration constructive y règne, visant à bien conseiller les autorités. Il est toutefois probable que nous tendrons de plus en plus vers une concentration sur les activités-clés et que nous investirons les sommes limitées dont nous disposons là où l'impact sera le plus grand. J'estime que notre premier devoir est l'optimisation des trois domaines que sont les agents énergétiques, la production d'énergie et son utilisation.

Comment jugez-vous les trois sources énergétiques suivantes: le vent, l'eau et la géothermie, par rapport à une future utilisation en Suisse ?

L'optimisation que je viens de citer vaut également pour ces trois sources énergétiques, caractérisées en Suisse par des pos-

La population a une conscience prononcée de l'importance de l'énergie. En Suisse, la production d'énergie sera bientôt rendue visible.

(Photo: Technocon SA)



sibilités, conditions et facteurs limitatifs divers. Nous aurons, à l'avenir, encore besoin de quantités importantes d'électricité et de chaleur, même si dans le domaine du bâtiment, par exemple, nous avons désormais les conditions nécessaires pour y faire face avec une infime partie de la quantité de chaleur consommée actuellement. L'augmentation d'efficacité dans l'utilisation de l'électricité est également prometteuse et le besoin résiduel devrait être couvert de la manière la plus écologique possible. Le vent acquiert ici toute sa valeur.

Seul un programme international pourra fournir une solution recevable au niveau des problèmes énergétiques et des effets sur l'environnement qui y sont liés (par exemple, les émissions de CO₂). C'est bien là que se situe notre défi le plus important, outre celui des aspects technologiques. Les expériences acquises par le biais des programmes nationaux et cantonaux, par les réseaux et par les projets d'application industrielle nous permettent de contribuer aux discussions, au niveau mondial, et par contre-coup, d'en profiter en retour.

Rapport annuel 2001 de la CORE

La CORE s'en tient à la réalisation, d'ici à 2050, d'un approvisionnement durable en énergie, même si ce n'est pour l'instant qu'une vision. Il s'agit notamment de mieux utiliser les ressources indigènes et de réduire les flux de matières induits par l'approvisionnement énergétique. Le Rapport annuel 2001 donne un aperçu des activités de la Commission et de la manière dont celle-ci voit l'évolution actuelle de la recherche énergétique et la mise en œuvre des résultats.

www.suisse-energie.ch
(rubrique Recherche)

Le potentiel des nanotechnologies dans le domaine de l'énergie

Les résultats des recherches les plus récentes ouvrent un vaste éventail d'applications possibles

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

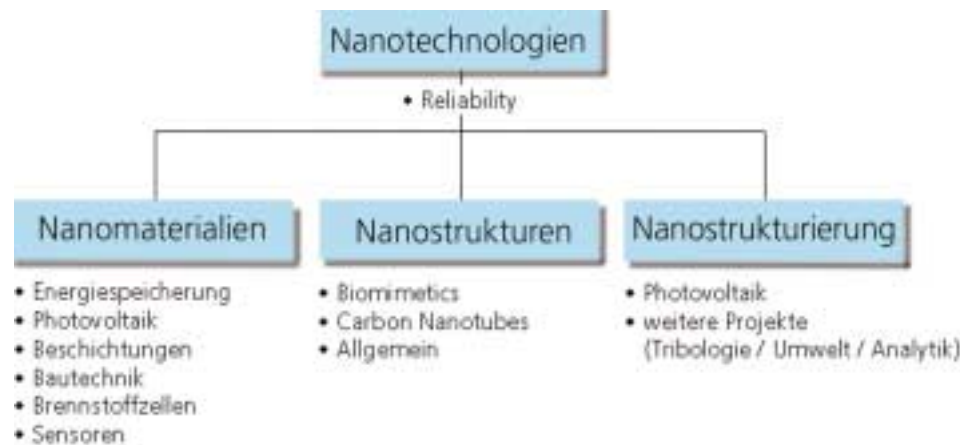
Les nanotechnologies s'inspirent de la nature vivante. Ces nouvelles technologies encouragent le développement durable dans de nombreux secteurs, tels que les sources d'énergie renouvelables, la réalisation de certaines fonctions par des surfaces, l'auto-assemblage de structures à deux ou trois dimensions, les matériaux nouveaux, la tribologie, la technique médicale, la biologie, l'informatique, etc. Elles sont caractérisées par un emploi minime de matériel, un besoin réduit en énergie et d'autres propriétés durables. Un rendement thermique élevé, des pertes par friction réduites, des cellules solaires pour la lumière artificielle et de rendement amélioré en lumière naturelle, voilà quelques exemples qui ont un fonctionnalités faisant partie du domaine de l'énergie auxquelles les nanotechnologies peuvent apporter une contribution substantielle.

Utilisation rationnelle de l'énergie

Grâce à des revêtements spéciaux en nanomatériaux, il est aujourd'hui possible

d'obtenir une efficacité supérieure en matière d'utilisation rationnelle des énergies primaires, par une isolation thermique améliorée des installations de production d'énergie, comme, par exemple, les turbines à gaz. Grâce à l'amélioration des caractéristiques de corrosion, de friction et d'usure des pièces de machines dans les applications mécano-électroniques les plus diverses, il est également possible de dimi-

Domaines d'utilisation des divers aspects de la nanotechnologie.



nuer les forces de frottement qui, en général, conduisent à des pertes.

L'optimisation des caractéristiques de friction des matériaux offre de nombreuses possibilités de réduction des pertes d'énergie. Comme les phénomènes de friction sont déterminés par les caractéristiques de surface des matériaux qui sont en contact, les technologies de nanorevêtement et de nanostructuration relèvent d'une certaine importance pour l'optimisation. La modélisation théorique des processus de friction et de lubrification connaît également un essor. C'est ainsi qu'un projet TOP NANO 21 s'occupe de l'effet lubrifiant des protéines, des graisses et d'autres éléments biologiques en solution aqueuse. Les connaissances acquises pourraient permettre de réexaminer des procédés industriels de lu-

Liens Internet

Vue d'ensemble du programme technologique TOP NANO 21
www.ethrat.ch/topnano21

Publication ENET n° 220026
www.energieforschung.ch

brification et de les remplacer éventuellement par des solutions moins polluantes.

Stockage d'énergie

Dans le domaine du stockage de l'électricité, des nanopoudres qui permettent d'augmenter la tension des batteries et de réduire considérablement le temps de charge sont utilisées ; cela est possible grâce aux dimensions optimisées des particules et aux caractéristiques électriques spéciales. La pénétration fine de supports ou substrats à nanostructures est utilisée en vue d'augmenter la partie active du matériau d'électrode dans des condensateurs (*supercaps*). Ces nanoparticules et nanostructures permettent aussi d'augmenter l'efficacité des piles à combustible à électrolyte d'oxyde solide (SOFC) en réduisant considérablement l'épaisseur de ce dernier.

Dans le domaine de la technique d'éclairage, on utilise des "Carbon Nanotubes" : il s'agit de tubes de carbone ne mesurant que quelques micromètres (μm) de longueur et quelques nanomètres (nm) de diamètre. Leur grande conductivité et leur petit diamètre en font d'excellents émetteurs de champ. On les emploie d'ores et déjà pour fabriquer des tubes fluorescents exempts de mercure, à allumage immédiat, qui offrent

" Cold cathode fluorescent lamps for general lighting based on carbon nanotube field emitters "



Une lampe à nanotubes de carbone illumine les installations de laboratoire environnantes.

Fonctionnalité :

les nanotubes de carbone émettent des électrons qui excitent l'émission de lumière dans un nouveau type d'ampoule/tube fluorescent.

Avantages pour la clientèle :

- système exempt de mercure
- réglage progressif possible
- illumination immédiate à l'allumage
- système largement compatible avec les systèmes existants.

(Source : J. M. Bonard)

une alternative aux tubes fluorescents classiques au mercure. Citons enfin le domaine de la technique du bâtiment dans lequel le développement de méthodes de préparation des ciments est en cours, dans le but d'étudier et d'optimiser les phénomènes de transport de la chaleur et de l'humidité à l'aide de microscopes à force atomique.

Sources d'énergie renouvelables

En Suisse, les activités de recherche dans le domaine des sources d'énergie renouvelables en rapport avec les nanotechnologies se concentrent sur les cellules solaires. On y exploite la grande superficie des nanoparticules par rapport à leur volume. Ces poudres permettent de créer des structures et des revêtements à petits pores, d'emmagasiner des molécules de colorant et d'augmenter l'efficacité de la conversion de l'énergie de la lumière en électricité. Il est possible d'utiliser des nanostructures spéciales sur les matériaux de la base et du revêtement de cellules solaires, dans le but de répartir le rayonnement solaire incident le mieux possible, c'est-à-dire par dispersion, dans le matériau semi-conducteur de la cellule.

Les exemples précités sont une illustration non exhaustive des multiples possibilités d'utilisation des nanotechnologies dans le domaine énergétique. Pour de plus amples informations sur l'utilisation industrielle de nanotechnologies dans le domaine énergétique, consultez la publication ENET n° 220026 et les liens Internet.

" Nanomaterials for high efficiency and low cost Cu(In, Ga)Se₂ thin film solar cells "

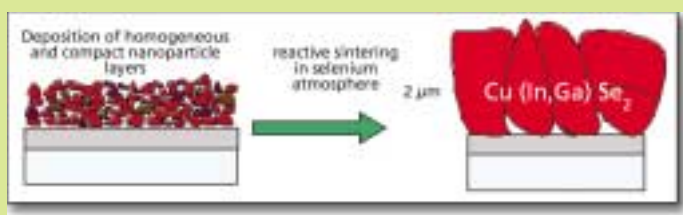
Fonctionnalité :

des couches agglomérées de nanoparticules avec grains compacts, sans joint, d'une taille de 1 μm environ, avec prédétermination des caractéristiques adhésives et de l'orientation des monocristaux. Le secret de cette compacité et de l'absence de joints de grain réside dans le rapport surface/volume considérable des matériaux ayant servi à la préparation des nanomatériaux.

Avantages pour la clientèle :

de faibles coûts de production (< 0,8 €/W_c) et une utilisation optimale des matériaux permettent de produire des cellules solaires en couches minces polycristallines sur des substrats de verre et d'obtenir un rendement de 10% environ.

(Source : A. N. Tiwari)



Le frittage de couches de nanoparticules.

Se mettre ensemble au lieu de renoncer

Le transfert de technologie TEVE du Canton de Berne : efficace

Ruedi Meier

Chef du programme Fondements de l'économie énergétique (EWG) de l'OFEN
Bolligenstrasse 14b
CH-3006 Bern

Martin Beck

Responsable du domaine Fondements de l'économie énergétique (EWG) de l'OFEN

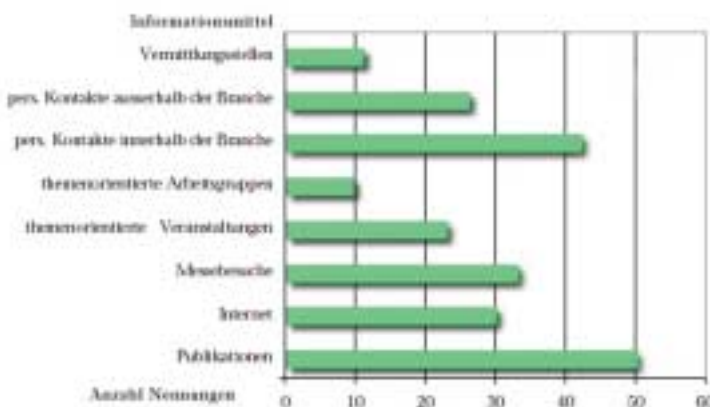
Le projet "Transfert de technologie dans le domaine de l'énergie" (TEVE) œuvre dans le Canton de Berne depuis 1996. Il est financé moitié par l'OFEN, moitié par la Direction des travaux publics, des transports et de l'énergie (DTE) du Canton de Berne. Ce projet a récemment été soumis à une évaluation, réalisée par Interface, à Lucerne, qui a dressé un bilan et une liste de mesures d'extension possibles.

Une stratégie convaincante

L'activité principale du TEVE consiste à prendre contact avec les petites et moyennes entreprises (PME) pour leur proposer, par des contacts avec des centres de recherche et des producteurs, l'accès aux développements novateurs et à de nouveaux produits. Cette stratégie de mise à disposition est complétée par la création de réseaux (c'est-

à-dire de groupes de travail autour de thèmes spécifiques) et par une stratégie "top down" qui comprend la promotion d'installations P+D.

L'évaluation devait fournir un aperçu des avantages et des inconvénients de la conception et de l'application du TEVE, ainsi que du niveau des prestations fournies. Le projet est géré par un groupe d'accompagnement constitué, entre autres, de représentants de l'OFEN, de la HES de Berne et de la DTE. L'activité de médiation proprement dite est exercée par la société



Dr. Eicher + Pauli SA, à Berne. L'enquête auprès des entreprises a démontré que le recours à ce service de médiation a effectivement contribué à résoudre certains problèmes qui se posaient à 14 sociétés parmi les 32 qui ont été en rapport direct avec le TEVE du Canton de Berne. La plus forte demande concernait l'établissement de contacts avec des fournisseurs potentiels et l'accès à des informations technologiques.

Les moyens d'information les plus importants des entreprises sur les questions énergétiques.

Quelques conseils pour l'orientation future du TEVE

L'enquête a également confirmé que les efforts récents faits pour renforcer et dynamiser la formation et le suivi des groupes de travail qui se consacrent à un sujet spécifique ont porté leurs fruits. Il convient donc de les poursuivre. Cela n'a cependant

Temps forts 2002 – 2003 et nouveaux projets

Le programme de recherche dénommé "Fondements de l'économie énergétique" (EWG) a fixé plusieurs centres d'intérêt thématiques pour les deux années 2002 et 2003 dans les domaines des coûts, de la rentabilité et des mesures à prendre. Les six projets suivants ont été lancés :

- Perspectives d'optimisation de l'approvisionnement décentralisé en électricité.
- Évaluation du Fonds bâlois des économies d'électricité.
- Avantages additionnels directs et indirects des habitations bénéficiant d'une efficacité énergétique élevée.
- Promotion fédérale de la construction d'habitations et efficacité énergétique.
- Instruments pour l'étude et la construction de bâtiments utilisant efficacement l'énergie et mettant en œuvre les sources d'énergie renouvelables.
- Étude pilote en vue de projets de recherche sur une organisation à long terme, qui soit durable, concernant l'utilisation et la consommation d'énergie en Suisse, avec un horizon temporel placé en 2050.

Un nouvel appel d'offres du programme EWG sera lancé au cours de l'été 2002.

Informations : www.ewg-bfe.ch

pas encore eu d'effet sur la création de nouveaux emplois, et il n'est pas aisé de quantifier l'effet de la réalisation de nouveaux projets sur une augmentation de l'efficacité en matière énergétique et sur la promotion des sources d'énergie renouvelables. Mais il s'est révélé que le but visé peut surtout être atteint indirectement, par exemple, par la création d'un climat plus propice à l'innovation.

Les conseils suivants aboutiront à améliorer l'orientation future du TEVE du Canton de Berne : les activités devraient être encore

mieux centrées sur certains groupes et utilisateurs, ainsi que sur certains thèmes clés ; cela aurait un effet promotionnel au niveau de l'offre des prestations et des compétences du TEVE. Il serait également judicieux de renforcer le travail dans le domaine de la création de réseaux.

Les résultats encourageants obtenus jusqu'ici nous incitent à poursuivre le projet TEVE tel quel et à tenter de l'élargir à la région "Espace Mittelland". En effet, un transfert actif de technologie devient de plus en plus important pour les PME.

Étude :

Technologievermittlung im Energiebereich (TEVE) Kanton Bern ; Hans-Martin Binder, Riccarda Schaller, Andreas Balthasar, Interface Lucerne, 2001

Source : www.ewg-bfe.ch ou www.publicationsfederales.ch

NewRide et la promotion des E-Bikes

La promotion des vélos électriques va être étendue à plusieurs villes. Le programme *NewRide* en faveur des vélos et scooters électriques est actif dans plusieurs communes du Canton de Berne depuis mars 2001. Si, à l'époque, ce programme devait être proposé à d'autres cantons, villes et entreprises, aujourd'hui, c'est chose faite. Il a été mis en pratique dès le lancement au niveau national intervenu en février 2002 ; Zurich et Bâle ont repris l'idée. Pour Bâle, il s'agit d'ores et déjà de la deuxième campagne de promotion du vélo électrique.

De l'air sain, mais bien plus encore

Les vélos peuvent contribuer de manière considérable à remplacer l'automobile pour de courts trajets dans les agglomérations ; ils ont un effet positif sur la qualité de l'air, le climat et la santé ; de plus, ils vont dans le sens des objectifs du programme Suisse Energie. Les vélos peuvent apporter une contribution significative dans le cadre d'une stratégie d'amélioration de l'efficacité énergétique pour un développement durable dans le domaine des transports : réduction des émissions de CO₂, réduction des émissions sonores, diminution des polluants atmosphériques, emprise au sol plus ré-

duite, meilleure utilisation d'emplacements coûteux, promotion d'entreprises locales, etc.

Un principe : la promotion intégrale

L'approche intégrale de *NewRide* est caractérisée par une promotion sur plusieurs niveaux. Les commerçants, producteurs et importateurs intéressés bénéficient d'un soutien. Le label "*NewRide*" devrait assurer un certain standard de qualité et garantir ainsi la fiabilité demandée par le consommateur. Les locations à l'essai permettent d'accumuler des expériences, d'échanger des informations et de réduire les réticences à la vente. Un soutien est également accordé aux communes et à des entreprises innovatrices qui encouragent l'emploi des deux-roues électriques.



Le label attire l'attention sur les commerçants NewRide qui se sont spécialisés dans le conseil, la vente et le service des deux-roues électriques.

NewRide est présenté au cours d'expositions spéciales en divers endroits, permettant au public d'essayer les véhicules. Certaines communes ont par ailleurs introduit un service de location de deux-roues électriques.

Un réseau de points de vente dans toute la Suisse

Entre temps, un réseau comptant environ 250 points de vente s'est installé en Suisse ; il couvre tout le territoire et représente 8 marques de vélo. On trouve aujourd'hui 20 modèles de *E-bike* à partir de 2'000 CHF. N'hésitez pas à visiter le site *NewRide* où vous pourrez trouver l'adresse du revendeur *NewRide* le plus proche.

www.NewRide.ch

Le programme NewRide est en plein essor. Après son lancement dans le Canton de Berne, il est déjà arrivé dans les villes de Zurich et de Bâle.



Séchage solaire = économie de mazout

L'énergie solaire, une nouvelle méthode de séchage des boues d'épuration en prélude à leur incinération

Hans-Rudolf Zweifel
Urs Baier

Haute École spécialisée de Wädenswil (HSW)
CH-8820 Wädenswil

Otto Fischli
Energieprojekte
Fischli
CH-8752 Näfels

Dès 2003, il sera interdit d'épandre les boues d'épuration sur les champs. Ainsi, la quantité destinée à l'incinération va augmenter de manière importante. D'une part, il faudra investir une quantité d'énergie considérable pour évaporer l'eau contenue dans les boues; d'autre part, les transports par route entre les stations d'épuration (STEP) et les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) seront plus fréquents.

Une nouvelle méthode a été choisie en 1999 dans le canton de Glaris. La première installation de séchage des boues d'épuration à l'énergie solaire de Suisse a été construite à proximité de la STEP de Bilten. Au terme de deux années d'exploitation, on dispose aujourd'hui d'une expérience et de données dignes d'intérêt. Une campagne de mesures détaillée a été réalisée avec le soutien de l'OFEN.

Les boues digérées, déshydratées à 25% de matière sèche (MS) dans des presses à ruban filtrant, sont séchées à 40–50% de MS dans deux halles ressemblant à des serres. À ce taux imposé par l'UIOM, il est encore possible de pomper les boues qui conservent leurs caractéristiques de viscosité favorables. Ce séchage est réalisé par le biais du rayonnement solaire à travers un toit en matières synthétiques, fait de polyéthylène (PE) et d'un copolymère d'éthylène et d'acétate de vinyle (EVA). De plus, les

rejets thermiques de l'installation combinée chaleur-force modulaire installée à proximité sont utilisés maintenant de façon optimale. L'épaisseur de la couche de boue atteint environ 30 cm; une machine permet de la retourner régulièrement tout en la faisant avancer. L'épaisseur choisie ne génère pas d'auto-échauffement notable, ce qui permet d'enrayer le risque de compostage et de prévenir presque entièrement les émissions d'odeurs.

Grâce à la réduction de la teneur en eau et, par là, du poids des boues d'épuration, réduction consécutive au séchage solaire, des économies ont été réalisées au niveau des coûts de prise en charge et de transport. Le nombre de convois nécessaires a été réduit de 40% ; ce qui a des effets positifs sur la consommation de carburant et par conséquent sur les émissions de CO₂. Les besoins en surface s'élèvent à 1 – 1,5 m² par tonne d'eau annuellement évaporée. Les conditions favorables à l'implantation d'installations de séchage à l'énergie solaire sont les suivantes: une place suffisante à proximité de la STEP, de longs trajets jusqu'à l'usine d'incinération, un ensoleillement suffisant et la possibilité de récupérer les rejets thermiques d'une installation couplée chaleur-force utilisant le biogaz. Sur la base de ces résultats positifs, il a été décidé cette année d'implanter une deuxième installation, qui est actuellement en construction.



À côté de la STEP de Bilten (GL) se construit en ce moment la seconde installation de séchage solaire des boues d'épuration (en haut). La machine à retourner la boue fait avancer la couche pas à pas (en bas).

Les granulés de bois sous la loupe

Des études le démontrent, les granulés de bois sont un combustible écologique pour les chauffages automatiques

Thomas Nussbaumer
Verenum
CH-8006 Zurich

Daniel Binggeli
Responsable du
domaine Bois de
l'OFEN

Les chauffages aux granulés de bois sont équipés d'un système d'allumage automatique et sont alimentés en combustible, également de manière automatique, soit par un silo journalier intégré, soit depuis un silo externe de grande taille. Grâce à l'homogénéisation du combustible sous la forme d'un granulé au pouvoir calorifique constant, ils se distinguent par un rendement élevé et une combustion pauvre en émissions. L'isolation thermique croissante de l'enveloppe des bâtiments ouvre des domaines d'application intéressants pour ces chauffages adaptés aux

faibles consommations et d'un prix d'achat peu élevé. Les poêles à granulés de bois sont généralement utilisés pour le chauffage de pièces individuelles, alors que les chaudières à granulés assurent le

chauffage central et la production d'eau chaude sanitaire. Le marché propose également des poêles avec chaudière intégrée. Cette combinaison se prête aussi bien au chauffage d'étage qu'à celui d'un bâtiment Minergie. Une autre application intéressante pour l'avenir est le chauffage à air chaud de bâtiments répondant au standard de la "maison passive", la chaleur étant fournie par un poêle à granulés de bois.

Toutes les possibilités sont loin d'être épuisées

La matière première des granulés de bois est le bois à l'état naturel. Le plus souvent, ce sont des résidus de la transformation du bois (sciure ou copeaux), pour autant qu'on ne puisse les utiliser sur place. La quantité de sciure et de copeaux de bois disponible en Suisse est estimée à 180'000 t par année, ce qui permettrait de chauffer environ 45'000 maisons familiales à raison de 4 t de granulés (équivalent à 2'000 litres de mazout) par année, ce qui représente presque 0,4% de la

consommation globale d'énergie du pays. Les quelque 8'000 t de granulés utilisées actuellement ne sont qu'un début. Alimentés par une source d'énergie renouvelable, les chauffages à granulés de bois s'inscrivent parfaitement dans la politique énergétique suisse et sont promis à un bel avenir. Les granulés eux-mêmes constituent un complément judicieux et prometteur aux assortiments classiques de bois d'énergie.

Les granulés de bois se présentent sous forme de comprimés cylindriques d'une longueur de 10 à 50 mm. Ils sont fabriqués sous pression à partir de copeaux de bois secs. Leur diamètre oscille entre 4 et 10 mm, l'obtention du label "Swisspellet" étant réservée aux granulés de la catégorie de 5 à 7 mm. Leur qualité est assurée par des normes qui précisent, outre les dimensions admissibles, d'autres caractéristiques du combustible, telles que la composition, le pouvoir calorifique, la densité en vrac et la poussière dégagée par frottement.

Les additifs de pressage influencent la fabrication et la combustion

La production des granulés fait appel à des traitements préalables affectant la valeur énergétique du produit final. La fabrication à partir de sciure doit notamment être précédée du séchage de la matière première, opération en général superflue pour les copeaux. Un projet de l'OFEN a été consacré à l'étude de l'influence des additifs de

Étude :
Herstellung und Eigenschaften von Holzpellets ; Hasler Ph., Nussbaumer Th., Verenum Zurich, OFEN, 2001.
Adresse de commande : www.energieforschung.ch

	Energiedichte MWh/m ³	Lagervolumen (t)
Holzschnitzel	0,7 - 1	1
Stückholz	1,5 - 2	2
Holzpellets	3,2	3-4
Heizöl	10	10

Densité d'énergie et volume de stockage des granulés de bois en comparaison avec d'autres combustibles

Poêle à granulés de bois à circulation d'air chaud, avec récipient intégré pour les granulés de 2,5 à 10 kW (Tiba).



pressage sur la fabrication et la combustion des granulés. Certes, selon la norme suisse sur les granulés, l'adjonction d'additifs de pressage est actuellement interdite ; mais la norme autrichienne autorise ici le recours à la biomasse non traitée. Aussi était-il intéressant de savoir si l'adjonction d'additifs de pressage permet de réduire l'énergie nécessaire à la fabrication des granulés.

L'étude englobait aussi l'analyse de l'effet des conditions de stockage sur les propriétés des granulés et celui de la combustion sur les émissions. Contre toute attente, la fabrication des granulés s'est avérée à peine influencée par l'adjonction de la dizaine d'additifs biogènes étudiés. En revanche, d'importantes découvertes ont été faites en ce qui concerne le comportement des produits stockés et leurs caractéristiques de combustion. On en a déduit des exigences nouvelles pour l'étude des installations et pour la technique de combustion.

L'énergie grise dépend de l'humidité et de la distance au transport

On s'est aussi penché sur la consommation d'énergie d'une installation de production de granulés. Le séchage de sciure humide implique un apport externe d'énergie sous forme de mazout, équivalent à 12,8% du pouvoir calorifique des granulés, auxquels il faut ajouter environ 1,5% sous forme d'électricité

7^e Symposium sur l'énergie du bois

Le 7^e Symposium sur l'énergie du bois se tiendra le 18 octobre 2002 à l'EPF de Zurich. C'est un forum d'échange d'expériences sur l'état actuel de la technique, avec les sujets suivants : maîtrise des émissions de poussières fines à la combustion, procédés de séparation des poussières, optimisation systémique des chaudières à bois automatiques, procédés de gazéification du bois et de production d'électricité. On abordera en outre la promotion de l'énergie du bois, le plan directeur élaboré par la Confédération à propos du vieux bois et la réglementation de protection de l'air applicable aux chaudières à bois.

www.energieforschung.ch



Chaudière à granulés de bois avec silo intermédiaire (Hargassner).

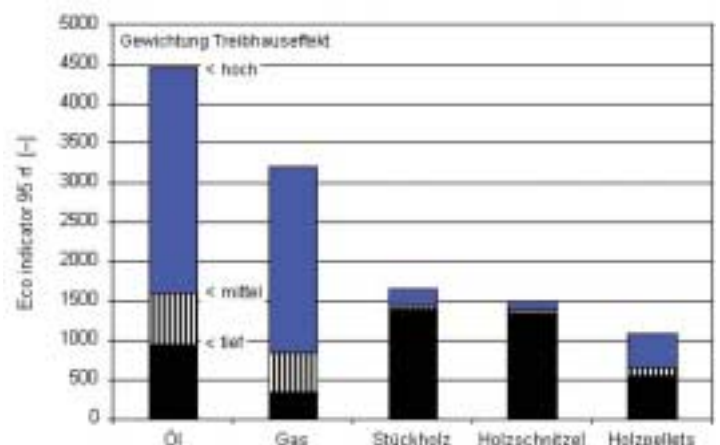
indispensable à la fabrication des granulés. Le contenu énergétique des granulés fabriqués de cette façon est donc renouvelable à environ 85% et non renouvelable à 15%. L'énergie fournie de l'extérieur n'est cependant pas perdue, car elle se retrouve en grande partie dans le pouvoir calorifique des granulés. Dans le cas d'une matière première sèche, le taux d'énergie grise s'abaisse à environ 2%. Un autre point à considérer est l'énergie nécessaire au transport. Un trajet d'une centaine de kilomètres implique la consommation de l'équivalent d'environ 0,5% de la valeur calorifique des granulés de bois. Les trajets liés à un approvisionnement régional ne pèsent donc que faiblement dans le bilan énergétique, alors qu'un transport par la route sur plusieurs centaines de kilomètres n'est pas justifiable.

De bonnes conditions d'exploitation conduisent à un écobilan positif

Sur la base d'une étude de l'OFEFP, l'impact des granulés de bois sur l'environnement a été évalué sous la forme d'un écobilan approximatif. La comparaison avec le bois déchiqueté met en balance les nuisances dues à la fabrication et les émissions réduites

au niveau de la combustion. La conclusion tirée est que la production de chaleur à l'aide de granulés de bois est écologiquement plus intéressante que celle qui recourt au bois déchiqueté, à des bûches ou à des briquettes de bois. Les traitements préalables nécessaires à la fabrication des granulés sont largement compensés par les faibles émissions d'oxydes d'azote et de poussières.

De plus, le jour où les granulés de bois seront plus répandus, leur fabrication à grande échelle pourra encore être améliorée, ouvrant de nouvelles perspectives de maîtrise de leur impact sur l'environnement. Notons encore que la combustion de granulés peut conduire, dans de mauvaises conditions d'exploitation, à une pollution nette-



Impact sur l'environnement, exprimé en points Eco par TJ d'énergie utile, pour les chauffages à mazout, à gaz, à bois et à granulés de bois, pour les trois variantes de pondération de l'effet de serre, "élevée", "moyenne" et "faible". Toutes les données se basent sur l'étude de l'OFEFP n° 315, à l'exception de celles sur les granulés de bois. Ces dernières reposent sur une estimation, soit la moitié des émissions de NO_x et de PM10 mesurées pour le déchiqueté, avec un supplément de 20% pour le mazout de séchage et de mise en granulés (émissions typiques d'une installation de séchage).

ment plus forte. Aussi recommande-t-on d'équiper également les chauffages à granulés de bois d'un dispositif de réglage de la combustion, et de les nettoyer périodiquement, tout en veillant à une bonne maintenance de l'installation.

Stockage en sous-sol

Il est possible de chauffer des lotissements avec de la chaleur solaire, "engrangée" à la belle saison

Heinz Juzi

HES de Zurich-
Winterthour (ZHW)
CH-8401
Winterthour

Jean-Christophe Hadorn

Chef du programme
Chauffage solaire
de l'OFEN
CH-1035 Bournens

Urs Wolfer

Responsable du
domaine Techno-
logies solaires de
l'OFEN

Est-il possible d'amasser la chaleur de l'été pour l'utiliser en hiver ? C'est une question que nous nous sommes posée avec le soutien de l'OFEN, jusqu'à en déterminer les opportunités, les critères et les obstacles. Jusqu'ici, c'était surtout en Allemagne que le stockage saisonnier d'énergie solaire pour l'approvisionnement en chaleur de grands quartiers d'habitation avait été testé. Les premières expériences d'exploitation, effectuées dans ce sens avec les installations pilotes et de démonstration, ne peuvent toutefois pas nécessairement être transposées telles quelles en Suisse. Il a donc fallu contrôler la compatibilité de cette technique avec les conditions helvétiques.

Le stock en terre fonctionne comme un stock diffuseur : la chaleur solaire produite par des capteurs solaires est acheminée dans le sol par des tubes échangeurs de chaleur.

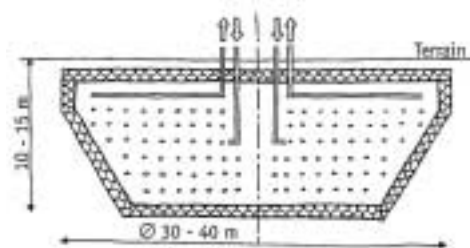
Les stocks dits à puits forés sont constitués de tubes en matière synthétique en forme de double U qui sont d'abord introduits dans des puits forés verticaux dont la longueur peut varier entre 20 et 30 mètres ; un mélan-

ge spécial est ensuite coulé dans ces puits. Seule la partie supérieure de ce genre de réservoir peut être isolée. Dans le cas d'un stock de terre remaniée, tous les côtés peuvent être isolés sur les plans thermique et hydraulique ; les tubes-échangeurs de chaleur y sont alors placés horizontalement, sur plusieurs niveaux. Ce type de stockage est particulièrement bien adapté aux zones d'habitation situées sur des terrains morainiques perméables à l'eau et présentant un important écoulement d'eaux souterraines. Dans les nouvelles constructions, une excellente isolation thermique combinée à une ventilation mécanique douce des habitations représente actuellement une solution

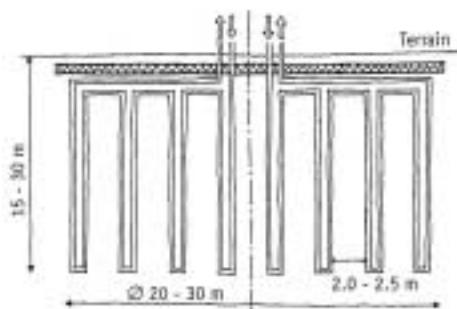
plus raisonnable. En effet, elle permet de réduire considérablement le besoin en énergie de chauffage. Un stockage saisonnier de la chaleur n'est, dans ce cas, guère utile. Il peut en revanche l'être dans des habitations plus anciennes nécessitant des réfections. Dans un tel cas, un minimum de 100 unités d'habitation est nécessaire, car plus le volume est petit, plus le rendement des stocks en terre diminue. Il est, de plus, impossible d'installer ce système dans des zones où les eaux souterraines sont protégées. Enfin, les investissements nécessaires pour les champs de capteurs solaires, le stock en terre, le réseau d'interconnexion et la commande de l'installation influent généralement de manière décisive sur la réalisation.

L'application de ce concept à des lotissements de constructions anciennes dépend de deux conditions : il faut, d'une part, disposer d'un terrain libre, de superficie relativement importante à proximité du lotissement, pour pouvoir construire un stock en terre. D'autre part, il faut disposer d'une grande superficie de capteurs pour pouvoir atteindre un taux de couverture de l'ordre de 50% après la rénovation ; cette superficie n'est disponible que si les immeubles ont au plus quatre étages d'habitation.

Pour l'instant, si l'on considère les prix actuels des carburants, le coût de la chaleur fournie par une installation solaire à stock en terre est encore supérieur à celui obtenu dans le cas d'un chauffage traditionnel au mazout ou au gaz. Mais le concept décrit ci-dessus pourra être mis en pratique le jour où l'on prendra en considération non seulement les coûts de chauffage, mais aussi les effets sur l'environnement et la consommation de matières premières non renouvelables.



Stock de terre remaniée: les tubes-échangeurs de chaleur d'env. 200 m de longueur sont posés en nappes horizontales successives au moment de remplir de terre la fosse du stock.



Stock à puits forés: échangeur de chaleur à tubes en double U introduits dans les puits et moyés dans la „Bétonit“ coulée.



Le SPF teste les systèmes combinés

L'Institut de Technique solaire (SPF) de Rapperswil teste depuis plus de 20 ans les performances, la qualité et la durée de vie des capteurs solaires. Actuellement, le SPF se concentre sur les essais de systèmes combinés destinés à la production d'eau chaude et à un apport au chauffage pendant la saison froide. Ce type d'installation solaire se répand de plus en plus. Vous trouverez une liste de toutes les prestations du SPF dans la page d'accueil de l'institut, récemment remaniée.

www.spf.ch
www.solarenergy.ch



Sun21 : déjà 5 ans – Kyoto nous remercie

Le 5^e Forum international sur l'énergie sun21 s'est terminé il y a quelques jours à Bâle. Pour la première fois, "Energy first" s'est tenu en même temps que la foire spécialisée Intersolar de Freiburg i. B. (Allemagne). Les thèmes traités étaient le rôle de la Suisse au Sommet de la Terre "Rio+10" qui aura lieu à Johannesburg en Afrique du Sud, ainsi que l'énergie solaire dans la coopération au développement. Le thème de la situation actuelle du projet "La société à 2000 watts dans la région pilote de Bâle" a également été abordé.

www.sun21.ch

Rétrospective – Aperçu – Perspective

Le Symposium photovoltaïque national, qui s'est tenu les 16 et 17 mai 2002 à la SUPSI de Lugano-Canobbio, avait pour but de dresser un état des lieux. D'une part, la rétrospective des 20 années de développement du photovoltaïque en Suisse a pu être faite. Car c'est bien ici, au TISO, que la première installation raccordée à un réseau électrique européen a été mise en service, en 1982 déjà. Aujourd'hui, le laboratoire possède une très longue série de mesures relatives à cette installation de 10 kW_c, série unique en son genre puisqu'elle s'étend sur deux décennies.



Walter Steinmann, Directeur de l'OFEN, et Stefan Nowak, Chef de programme, dressent un bilan de la situation actuelle des mesures promotionnelles de la Confédération.

D'autre part – pour le volet "Aperçu" – les experts ont dépeint la situation actuelle qui voit un développement modeste de l'électricité solaire. Les différences de promotion d'un canton à l'autre et les difficultés de financement en sont à l'origine. On a également constaté que les travaux destinés à appliquer les technologies récentes progressent beaucoup plus lentement que prévu.

Déjà plus de 10 GWh par an

En 2001, le marché mondial des modules photovoltaïques a progressé de 25% environ. En Suisse, la croissance est restée sensiblement égale à celle des années précédentes, même si 125 nouvelles installations ont été connectées au réseau, pour une augmentation totale de la puissance de l'ordre de 1,9 MW_c. C'est là un chiffre qui pourrait faire penser à un record. Il a permis de dépasser le seuil des 10 GWh de production annuelle. Ces données proviennent de la statistique solaire 2001, cofinancée par l'OFEN et publiée par l'Association des entreprises électriques suisses (AES).



Un objet présenté à l'occasion du Symposium photovoltaïque national de mai 2002: cette technique n'est pas vraiment acceptée en Suisse.

La perspective se tourne principalement vers les possibilités que la LME offrira au photovoltaïque en tant que source d'énergie renouvelable. C'est ce qui a été souligné

par les représentants de l'OFEN Walter Steinmann (directeur), Renato Tami (responsable du Service juridique) et Stefan Nowak (chef du programme Photovoltaïque). Les possibilités et les défis sont bien présents, mais ne pourront être relevés qu'à la condition de changer les structures, pour renforcer l'exportation de la technique et du savoir-faire.

www.photovoltaic.ch

En 2001, la production moyenne d'énergie électrique (de toutes les installations) par kilowatt de puissance de crête installé s'est élevée à environ 800 kWh/kW_c. Pour les installations raccordées au réseau, la puissance nominale globale était de l'ordre de 15 MW_c et de 2,5 MW_c environ pour celles non raccordées. Sur un nombre total de 1'450 installations raccordées au réseau, la puissance moyenne par installation est à peu près de 15 kW_c.

Information et commander:
www.strom.ch

L'énergie solaire est transformable

Les plus récents résultats de recherche sont présentés au symposium SolarPACES à Zurich

Aldo Steinfeld

Institut des Techniques énergétiques
EPF Zurich / Institut Paul Scherrer

Alphons

Hintermann

Responsable du domaine Chimie solaire de l'OFEN

L'énergie solaire peut être transformée directement en combustibles chimiques, susceptibles d'être stockés et transportés, tels que l'hydrogène et le méthanol. En Suisse, la recherche dans le domaine de la chimie solaire à haute température se fait à l'Institut Paul Scherrer (PSI) et à l'EPF de Zurich. Elle comprend aussi bien des études fondamentales sur des réactions chimiques que le développement de réacteurs pour la chimie solaire.

La recherche au PSI/EPFZ se concentre principalement sur la production de combustibles solaires, comme l'hydrogène, le gaz de synthèse et les métaux (le zinc, par exemple). Un cycle thermochimique en deux étapes permet d'extraire l'hydrogène de l'eau. À l'aide de chaleur solaire industrielle, l'oxyde de zinc (ZnO) est, dans un premier temps "solaire", réduit chimiquement à une température d'environ 2'000 °C. Dans un deuxième temps "non solaire", le zinc réduit réagit avec de l'eau pour produire de l'hydrogène. Lors de cette réaction, le zinc redevient du ZnO qui est renvoyé au processus solaire.



Cycle thermo-
chimique pour la
production d'hydro-
gène à l'aide
d'oxyde de zinc.

Liens Internet

Pour de plus amples informations sur l'activité de recherche en Suisse :

www.pre.ethz.ch
<http://solar.web.psi.ch>
www.solarpaces.org

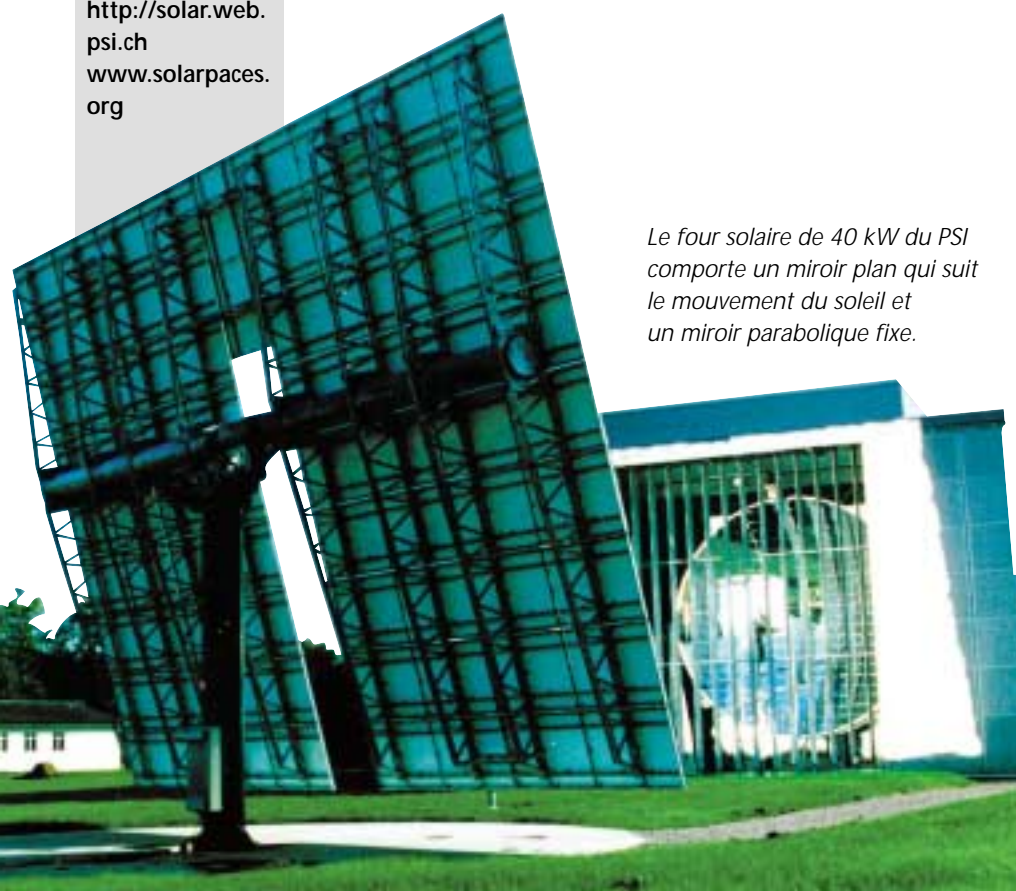
SolarPACES à Zurich

Le "11^e Symposium international SolarPACES sur l'énergie solaire concentrée et sur les techniques chimiques de l'énergie" se tiendra à l'EPF de Zurich du 4 au 6 septembre 2002. Cette manifestation du programme SolarPACES de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) est réalisée avec le soutien de l'OFEN. À travers 140 contributions de représentants de 20 pays, elle permettra de présenter les derniers résultats de recherche.

Aldo Steinfeld (EPFZ/PSI), président du Symposium, en explique les finalités : "SolarPACES rassemble des groupes d'experts du monde entier dans le but de faire progresser les systèmes basés sur l'énergie solaire. C'est pourquoi les aspects technologiques sont au centre du symposium de Zurich. On y parlera des programmes d'essais et des progrès effectués dans le développement des composants, dans l'instrumentation des installations solaires et dans les analyses de systèmes. Quelques exemples: on y présentera des expériences faites avec deux centrales californiennes, l'une à capteurs cylindro-paraboliques de 354 MW et l'autre à tour solaire de 10 MW ; on parlera des nouveaux projets solaires de grande envergure en Andalousie (Espagne) et dans d'autres pays, ainsi que des derniers résultats d'un projet pour la fabrication de 'combustibles solaires', un projet de R&D de l'Union européenne avec une importante participation suisse (PSI/EPF)."

www.solarpaces2002.ch

Le four solaire de 40 kW du PSI comporte un miroir plan qui suit le mouvement du soleil et un miroir parabolique fixe.



Transfert de technologie

De la compétence dans la gestion de la recherche

La SARMA (*Swiss Association of Research Managers and Administrators*) est un réseau de compétences dans la gestion de la recherche. Cette association est spécialisée dans la promotion des qualités spécifiques nécessaires à la direction et à l'organisation de projets de recherche et de développement. Si, d'une part, il est essentiel de trouver les financements nécessaires, il faut aussi, d'autre part, convaincre les instances concernées pour que le projet puisse se réaliser. La gestion de l'équipe doit, en outre, répondre à un nombre croissant d'exigences. Grâce à la mise en réseau, la SARMA rassemble les experts et offre des occasions d'échange et de perfectionnement au moyen de cours, de conférences et d'ateliers. Elle a également pour objectif, par le biais d'un groupement très intéressé à la gestion de la recherche, de donner des impulsions à la politique suisse de la recherche.

Elle aspire, en même temps, à collaborer et à coordonner les programmes avec des organisations similaires, telles que EARMA (Europe), SRA (USA) et RAGnet (UK). La huitième conférence annuelle EARMA, qui a récemment eu lieu à Budapest (Hongrie), avait pour thème la gestion de la recherche et de l'innovation.

Un autre atelier SARMA ayant trait à la gestion des programmes de recherche aura lieu, en collaboration avec le Fonds national suisse de la recherche scientifique (FNS), au cours de l'automne prochain. La série de réunions sur le travail en réseau se poursuivra en septembre avec un Info-Lunch, organisé par la SARMA, qui se tiendra au siège de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (FNP/WSL).

Informations et calendrier des manifestations :
www.sarma.ch

Juillet

1 – 5 **Fuel Cell 2002**
5th European SOFC Forum, Palais des congrès, Lucerne ; www.efcf.com

Août

14 – 28 **MINERGIE continue à se développer – Encore d'autres bâtiments – Toujours moins d'énergie**
Atelier bernois 4/5 (en allemand), HES de Berne ; www.okapublic.ch/aktuelles.htm

21 – 28 **La maison passive se concrétise**
Modules 1 à 3 : concept, enveloppe, installations techniques (en allemand)
LFEM/EMPA Dübendorf / HES de Lucerne ; www.empa.ch / www.hta.fhz.ch

Septembre

4 – 6 **11th SolarPACES**
International Symposium on Concentrated Solar Power and Chemical Energy Systems, EPF Zurich ; www.solarpaces2002.ch

5 **La maison passive se concrétise**
Modules 4 et 5 : durabilité, justificatif (en allemand)
LFEM/EMPA Dübendorf / HES de Lucerne ; www.empa.ch / www.hta.fhz.ch

12 – 13 **L'énergie et l'environnement dans le bâtiment**
12^e "Status-Seminar" suisse 2002, EPF Zurich ; www.empa.ch/zen

13 **Construction, rénovation, efficacité**
Conférence du programme Fondements de l'économie énergétique (EWG), EPF Zurich ; www.ewg-bfe.ch (rubrique "Aktuell")

26 – 27 **Séminaire sur l'étude de la Maison passive**
Ei-bois, Bienne ; www.okapublic.ch/aktuelles.htm ou www.swood.bfh.ch

26 **La loi sur le CO₂**
3. Energieapero beider Basel ; www.energieapero.ch

Octobre

18 **7^e Symposium sur l'énergie du bois**
EPF Zurich (en allemand) ; www.energieforschung.ch

31 **MINERGIE dans les bâtiments publics, industriels et de l'artisanat**
8^e Séminaire d'automne, Maison des congrès, Bienne ; www.okapublic.ch/aktuelles.htm ou www.swood.bfh.ch

Novembre

15 **Chauffages automatiques à bois 2002**
Chances et risques, Ei-bois, Bienne
www.swood.bfh.ch

Décembre

4 **La pile à combustible PowerPac**
Séminaire SCGA, EPF Zurich ; www.powerpac.ch

Calendrier de l'énergie septembre 2002 – février 2003

La vue d'ensemble, par ordre chronologique, des possibilités de formation, de base ou continue, et des manifestations. Ce dépliant s'obtient gratuitement auprès de l'OFEN, Corinne Voirol, CH-3003 Berne ; E-mail : Corinne.Voirol@bfe.admin.ch

Tout tourne autour des sites

Partout dans le monde, l'énergie éolienne a le vent en poupe et, en Suisse, la volonté politique a été clairement exprimée

Robert Horbaty
Chef du programme
Énergie éolienne de
l'OFEN
c/o Enco Sàrl
CH-4435
Niederdorf

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

Alors que d'autres pays exploitaient activement l'énergie éolienne depuis des siècles, la Suisse avait accordé la priorité à la force hydraulique. Les exploitations artisanales médiévales, puis l'industrie qui leur a succédé, dépendaient de cours d'eau canalisés. Ces faits historiques ont marqué jusqu'à nos jours le sort de l'énergie éolienne en Suisse. D'une part, cette technique suscite toujours de la méfiance, d'autre part, la combinaison avec l'énergie hydraulique laisse entrevoir une collaboration rationnelle, tournée vers l'avenir. Les installations en place confirment l'existence d'un potentiel éolien et la volonté politique a été clairement affirmée :

il s'agit de chercher des sites appropriés, dans cette Suisse si exigüe, qui permettent la mise en valeur des possibilités offertes par la nature sous cette forme, le vent. Il faut aussi améliorer les conditions cadres de manière à ce que le courant électrique écologique produit par les éoliennes puisse devenir partie intégrante du marché de l'électricité.



Markus Geissmann (à droite) et Robert Horbaty dirigent le programme Énergie éolienne de l'OFEN.

L'énergie éolienne décolle

Actuellement, environ 24'000 MW_c de puissance éolienne sont installés à travers le monde, dont 17'000 MW_c en Europe seulement. La moitié se trouve en Allemagne (environ 8'750 MW_c), et l'Espagne compte 3'300 MW_c en exploitation. Ce pays a récemment été le lauréat du *Energy-Globe-Award* et a reçu la distinction de "merveille éolienne du monde". Le Danemark, pionnier déterminé, a fortement influencé le développement moderne de l'énergie éolienne.

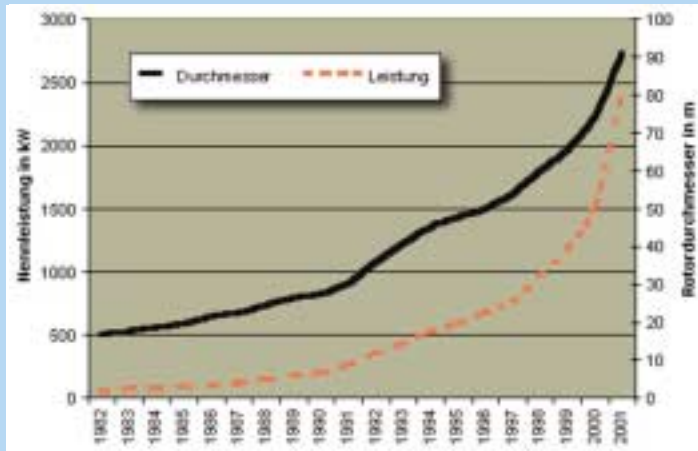
L'épine dorsale des histoires à succès de ces trois pays est constituée par un tarif de rétrocession établi depuis des années.

En maints endroits, de nouveaux projets d'extension sont planifiés dans les années à venir. En conséquence, dans certains pays, la quote-part de l'énergie éolienne à la production totale d'électricité deviendra un nombre de deux chiffres. L'Allemagne s'est même fixé comme objectif d'atteindre les 25% d'ici 2025.

À petits pas vers le grand but

En Suisse, le site de production le plus important se trouve sur le Mont-Crosin. Depuis l'automne 2001, Juvent SA y exploite six installations. ADEV Windkraft SA est la deuxième entreprise, en importance, à mettre de l'énergie éolienne sur le marché. Globalement, la production annuelle électrique d'origine éolienne en Suisse se monte à 5 GWh.

SuisseEnergie s'est fixé pour objectif d'augmenter de 500 GWh la part des nouvelles sources d'énergie renouvelables dans la production d'électricité (ce chiffre représente environ 1% du courant actuellement consommé en Suisse), et cela d'ici 2010. L'objectif d'extension de l'énergie éolienne, soit une production de 50 à 100 GWh/an, formulé par le DETEC, correspond donc à une contribution de 10 à 20% à l'objectif de SuisseEnergie. Cette quantité couvrira les besoins en électricité d'environ 33'000 ménages. Les trois offices fédéraux impliqués (du développement territorial, ARE, de l'énergie, OFEN et de l'environnement, de la forêt et du paysage, OFEFP) veulent au moins décupler la production actuelle (5 GWh), en prévoyant une concentration d'installations de grande puissance sur un nombre restreint de sites. Ces derniers doivent garantir des conditions de vent suffisantes pour une exploitation rentable, être techniquement aménageables et ne pas se



Évolution de la taille des installations (diamètre du rotor et puissance nominale) durant ces 20 dernières années (Graphique : Bundesverband Windenergie Deutschland)

Saint-Brais et La Racine sur l'arc jurassien, le Weisshorn (près d'Arosa), les cols du Grimsel et du Gothard, ainsi que St-Moritz, dans la région alpine, enfin Mettilmoos-Obwyden (dans l'Entlebuch), Ingelrain (près de Morat) et la plaine de la Linth.

L'énergie éolienne offre des avantages intéressants pour la Suisse. Les installations éoliennes fournissent environ 60 % de leur pro-

situer dans des paysages vierges. Il incombe aux Cantons de définir des sites potentiels au niveau de leurs plans directeurs cantonaux et des plans d'affectation communaux. En outre, on élaborera, avec la participation de tous les milieux intéressés, un plan directeur national qui servira de base à une discussion objective sur les sites adaptés aux grandes installations et permettra une mise en œuvre rapide.

Des projets concrets sont déjà en phase de planification ou de réalisation. Parmi eux, l'éolienne la plus haut placée du monde, sur le Gütsch près d'Andermatt (à l'altitude de 2'340 m) et diverses installations sur les

hauteurs du Jura. Plusieurs projets sont cependant contestés, soit par des oppositions de provenances diverses, soit en raison d'incertitudes concernant les conditions cadres qui relèvent de la nouvelle loi sur le marché de l'électricité (LME), soumise au peuple prochainement.

Amélioration des conditions cadres

Le programme Énergie éolienne de l'OFEN a pour objectif d'acquérir l'expérience pratique nécessaire en matière d'exploitation d'installations de moyenne et de grande puissance sur des sites sélectionnés, afin de créer les bases permettant d'atteindre les buts fixés. D'autre part, il s'agit d'augmenter la compétitivité des bureaux d'études et de l'industrie suisse de l'électricité et des machines dans leur rôle de fournisseurs du marché international. La création d'un réseau de compétences et la mise à disposition de matériel d'information apportent une aide concrète à ces requêtes. Il en découle les points forts suivants :

- démarches en rapport avec le choix des sites et aide au développement de projets en région de montagne, dans des conditions climatiques difficiles (modélisation, acquisition et exploitation de données de mesures)
- soutien à certains projets concernant des produits spéciaux, réalisation et évaluation d'installations pilotes et de démonstration
- médiation en cas d'opposition à des projets particuliers d'installations éoliennes.

En 2001, par exemple, l'OFEN est intervenu dans des démarches en rapport avec 10 sites d'implantation potentiels : Sainte-Croix,

La collaboration internationale

Dans le cadre du programme de l'AIE pour les projets de recherche et de développement de l'énergie éolienne, la Suisse est impliquée dans le domaine de l'énergie éolienne en climats froids (*Wind Energy in Cold Climates*). Le projet consiste à rassembler et dépouiller des informations relatives aux dangers du gel et à l'exploitation de turbines éoliennes aux basses températures. Avec la diffusion des éoliennes sur tout le globe, les choix se porteront aussi sur des sites présentant des conditions climatiques extrêmes. Actuellement, ce projet de l'AIE particulier réunit les quatre pays scandinaves, les États-Unis, le Canada et la Suisse.

<http://arcticwind.vtt.fi>

Suisse Éole : au service du vent

L'Association suisse de l'énergie éolienne – Suisse Éole – a été fondée en 1998 avec le soutien de l'OFEN. C'est une organisation professionnelle qui s'adresse aux compagnies d'électricité, aux autorités, aux bureaux d'ingénieurs, aux associations de protection de l'environnement et aux consommateurs de courant éolien. Ses activités comprennent avant tout une participation à l'établissement de conditions cadres favorables à l'énergie éolienne en Suisse et visent à faire progresser la discussion politique. Parallèlement, Suisse Éole est une plate-forme nationale et internationale pour l'échange d'expériences et de savoir-faire. En tant que partenaire de l'Agence suisse des énergies renouvelables (AEE) et du programme d'action SuisseEnergie, l'association participe aussi à la réalisation des objectifs politiques.

www.suisse-eole.ch

duction annuelle d'électricité pendant les mois d'hiver, à l'époque où la consommation est la plus élevée. Logiquement, le vent devient ainsi le partenaire de l'énergie hydraulique. Tant que le vent souffle, l'eau demeure dans les lacs d'accumulation et, lorsque le vent faiblit, l'énergie hydraulique le remplace pour la production d'électricité. Les conditions climatiques de la Suisse sont telles que ces deux sources d'énergie peuvent se compléter de façon idéale. L'énergie éolienne est propre, exempte de CO₂, elle encombre un minimum de terrain, et les sites peuvent être reconvertis sans problème. Ce sont des facteurs d'avenir. Cependant, il est étonnant de constater combien l'énergie éolienne est controversée chez nous, presque plus que les pylônes et les lignes à haute tension, les antennes de téléphonie mobile, les tours hertziennes, etc. L'énergie éolienne connaît actuellement une période de turbulences. Toutefois, les démêlés se focalisent sur le choix des sites.

Juvent a les plus puissantes

Le parc d'éoliennes de la Juvent SA a été massivement renforcé par deux puissantes turbines

Les deux turbines éoliennes les plus puissantes de Suisse se trouvent depuis l'automne 2001 sur le Mont-Crosin. Avec leurs 850 kW_c chacune, elles ont fait augmenter de 72% la puissance installée du parc de la Juvent SA.

Doublément du nombre d'éoliennes en deux ans

Le parc d'éoliennes du Mont-Crosin au-dessus de St-Imier a été créé en 1996. D'emblée, en novembre de cette année-là la production a dépassé 200'000 kWh, avec les trois premières turbines. D'une puissance de 600 kW_c chacune, ces machines ont un rotor de 44 m de diamètre, dont l'axe est situé 45 m au-dessus du sol. Le parc a été complété deux ans plus tard par une quatrième unité de 660 kW_c, légèrement plus grande.

Les deux nouvelles unités en service depuis octobre 2001 sont du type Vestas V52 ; elles sont prévues pour tourner à une vitesse variant de 14 à 31 tours par minute, ce qui assure une utilisation optimale de l'énergie

du vent, que sa vitesse soit faible ou élevée. La régulation des trois pales du rotor est à calage variable (réglage "pitch" à microprocesseur); elle assure un rendement optimum et une production minimum de bruit. L'installation démarre à la vitesse du vent

septembre 2001 ; le budget du projet a été tenu. Jusqu'ici, même pendant la période très froide de l'hiver dernier, nous avons eu une production absolument sans problème et les résultats d'exploitation sont conformes aux garanties du fournisseur.



Les deux nouvelles éoliennes du Mont-Crosin ont été montées en automne 2001.

C'est sur le Jura que cela souffle le mieux

La production mesurée du parc du Mont-Crosin au-dessus de St-Imier a confirmé l'exactitude des pronostics sur les conditions de vent. Sur cette base, d'autres sites des hauteurs de l'Arc jurassien sont évalués en ce moment :

- Saint-Brais
- La Racine
- Crêt-Meuron
- Sainte-Croix
- La Vue-des-Alpes.

Les prochaines décisions seront prises lorsqu'un nombre suffisant de mesures auront précisé les conditions locales de vent et permis de calculer la rentabilité, compte tenu de l'évolution attendue de la demande.

de 4 m/s, atteint sa puissance nominale à 16 m/s (57 km/h) et se déclenche à 25 m/s (90 km/h).

L'évolution de la demande permet l'extension du parc

La production annuelle va passer, selon les prévisions, de 2,5 à 4,6 millions de kWh, par suite de la mise en service des deux nouvelles turbines. Jakob Vollenweider, directeur de la Juvent SA, précise: "Ces deux unités nous ont été remises dans les délais, en





L'extension de la capacité de production a suivi jusqu'ici celle de la demande. C'est pourquoi nous évaluons en ce moment d'autres sites dans l'Arc jurassien."

Le financement de l'extension de l'année passée a été assuré par la BKW FMB Energie SA à Berne, qui revend l'électricité produite sous le nom de "ItoEnergy". Plus d'un tiers de la production photovoltaïque et éolienne suisse provient des installations du Jura bernois. Les conditions climatiques y sont idéales; les mesures en cours, par exemple au Mont-Soleil tout proche, devraient permettre l'identification de sites aux conditions analogues.

www.juvent.ch



Les turbines d'une puissance de 850 kW. n'occupent que quelques mètres carrés de surface au sol. C'est un avantage pour l'agriculture, qui peut utiliser le sol sans restriction aucune.

La prise en compte de l'énergie éolienne dans le cadre des plans directeurs cantonaux et des plans d'affectation communaux

La construction de parcs éoliens implique des bases au niveau des plans directeurs cantonaux et des plans d'affectation communaux. Cette étude de l'OFEN – conçue comme outil de travail – décrit, dans une première partie, l'état de la technique et la situation actuelle de la planification, tandis que la liste des questions à traiter dans le cadre des plans directeurs cantonaux fait l'objet de la seconde partie.

Étude :

Die Berücksichtigung der Windenergie in der Richt- und Nutzungsplanung ;

D. R. Soguel, H. R. Henz ; OFEN ; 2001

Pour commander :

www.energieforschung.ch

Le nouveau plan directeur national de l'énergie éolienne dans sa phase initiale

La coordination des stratégies de promotion de l'utilisation de l'énergie éolienne ainsi que la détermination de sites appropriés à l'implantation à grande échelle de parcs d'éoliennes devraient être facilitées par un nouveau plan directeur de l'OFEN. Ces sites d'implantation serviront de base à la collaboration avec les Cantons. Au terme de l'article 13 de la loi sur l'aménagement du territoire, le plan directeur est établi sur la base des études disponibles, des expériences réalisées à ce jour par les Cantons et de nouveaux calculs de modélisation. Lors d'une première étape, les critères techniques, économiques, esthétiques, écologiques et culturels actuels seront évalués en collaboration avec tous les milieux intéressés. Quand les résultats de cette première phase seront disponibles, la suite du travail sera consacrée aux mesures à prendre afin d'assurer à l'énergie éolienne une base initiale solide au plan fédéral.

Informations :

Office fédéral de l'énergie (OFEN),
CH-3003 Berne

Markus.Geissmann@bfe.admin.ch

Aucune n'a encore tourné à une telle altitude

L'éolienne de la classe des 800 kW_c située à l'altitude la plus élevée au monde vient d'être installée sur le Güttsch

Le site de la turbine éolienne installée récemment sur le Güttsch au-dessus d'Andermatt a de nombreux atouts. Il offre des conditions de vent parfaitement appropriées qui ont été clairement documentées après des années de mesures par la station de l'ISM, complétées par les simulations effectuées par la compagnie Meteotest. Le foehn et la bise, soufflant dans la direction nord-sud à travers la vallée d'Urseren, produiront désormais du courant électrique. La route d'accès et l'infrastructure électrique existant sur le Güttsch ont rendu possible le montage et l'exploitation de cette turbine à 2'332 m d'altitude. Pourtant, une telle implantation doit relever nombre de défis: les rafales de vent (jusqu'à 63 m/s = 227 km/h), les basses températures, ainsi que les problèmes de neige et de glace, sans parler des virages étroits.



Faire des expériences dans les Alpes

Grâce à leur turbine spécialement conçue pour les conditions alpines, les Entreprises électriques d'Urseren peuvent améliorer la couverture de la demande de pointe et assurer une excellente production hivernale de courant. L'OFEN soutient ce projet P+D, permettant de faire des expériences en matière d'exploitation de l'énergie éolienne en zone alpine, d'acquérir des connaissances techniques et d'évaluer les outils de planification et de calcul.

La turbine Lagerwey LW 750/40 est dimensionnée pour une puissance maximale de 800 kW. La vitesse moyenne du vent sur le Güttsch ayant été calculée à 6,57 m/s à une hauteur de la nacelle de 45 m, la production annuelle escomptée se montera à environ 1'200 MWh. La régulation à calage variable de pale (réglage "pitch") entraîne une rotation variant entre 18 et 32 tours par minute. On alimente ainsi direc-

tement, sans transmission, une génératrice synchrone à aimant permanent. Cette construction est une première mondiale : le nombre restreint de composants augmente la fiabilité et abaisse les besoins en maintenance. Les composants-clés tels que la génératrice et le transformateur sont fournis par des entreprises suisses.

Les avantages de la technique employée :

- génératrice synchrone à excitation permanente : collecteur sans bague
- absence de transmission : pas de risque d'endommagement de la transmission, suite à des sollicitations variables
- découplage du réseau par des convertisseurs AC/DC/AC : indépendance face aux conditions instables des extrémités du réseau
- local des transformateurs intégré dans la tour : accès protégé en hiver.



Des transports spéciaux à travers les gorges étroites des Schöllenen. (Photo: Aschwanden). Le moyeu du rotor (à gauche): le calage des pales (réglage Pitch) s'effectue à l'aide d'un pignon et d'une couronne dentée. A droite : le Montage du générateur à aimant permanent dans sa position finale, avec l'inclinaison voulue.



Le chauffage intégré dans les pales (15 kW par pale) génère de l'air chaud dans les pales du rotor, empêchant ainsi la formation de glace, dont les blocs auraient pu être projetés sur la piste de ski voisine, par exemple ! Ce chauffage a aussi pour mission d'éviter des pertes de productivité, dues à une aérodynamique devenue imparfaite, voire un arrêt de la turbine.

Superbe cadeau pour le 100^e anniversaire

Pour les Entreprises électriques d'Urseren, l'éolienne du Gütsch représente un cadeau de jubilé pour leurs 100 ans d'existence, qui attire tous les regards. La turbine néerland-

aise a pu être montée grâce à l'engagement de Weisskopf-Partner Sàrl, à Zurich, qui a dirigé une équipe composée d'ingénieurs et d'entrepreneurs de la région ainsi que de diverses entreprises suisses. Des transports spéciaux à travers les gorges étroites des Schöllenen ont permis d'acheminer les composants jusqu'au site du montage.

Les premiers abonnés à l'électricité éolienne ont déjà conclu des contrats de livraison. L'installation remplira les critères du label d'électricité écologique "naturemade star" ; son homologation est en cours de réalisation.



Markus Russi: Pour les Entreprises électriques d'Urseren, l'éolienne du Gütsch est un cadeau de jubilé fort apprécié, pour leurs 100 ans d'existence.



Des données météo pour les projets éoliens

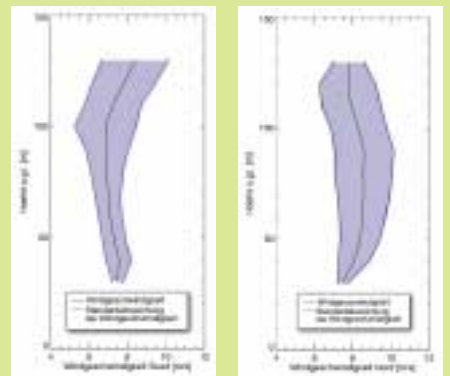
Tout projet d'énergie éolienne nécessite la connaissance des données météo locales, indispensables à un pronostic réaliste des performances pour un site donné. Meteo-



Mesures de vent au "Sodar" sur le Gütsch

test, à Berne, une entreprise fondée en 1981, propose de tels services et les banques de données correspondantes. Les stations de mesures, de même que les programmes de simulation, permettent de dresser une analyse climatologique de site pouvant servir de base de décision. Selon les sites et la direction du vent, le profil vertical de la vitesse du vent n'est pas uniforme entre le sol et l'extrémité de la pale, ce qui explique la présence de turbulences et rend les mesures en région de montagne extrêmement délicates.

www.meteotest.ch



Profils verticaux moyens de la vitesse du vent, du sud et du nord respectivement. L'écart-type important indique des turbulences.

La puissance croît quadratiquement

Plusieurs entreprises suisses sont activement impliquées dans le développement international de l'exploitation de l'énergie éolienne

Compétences des ingénieurs et qualité de production : voilà deux critères déterminants pour l'exportation. Les entreprises suisses jouent ces atouts lorsqu'elles mettent leurs technologies au service de

l'énorme croissance de la branche de l'énergie éolienne. Par la même occasion, elles perpétuent un aspect traditionnel de l'histoire économique suisse. Les trois exemples suivants illustrent parfaitement la situation.

Distinction pour la pale de rotor de Blatec

Les éoliennes modernes de grande puissance impressionnent de par leurs dimensions. À l'heure actuelle, les pales de rotor en service atteignent souvent près de 50 m de longueur. Elles pèsent plusieurs tonnes, ce qui charge lourdement la structure globale. Les contraintes variables engendrées par la rotation, ainsi que les durées considérables d'exploitation, conduisent inévitablement à des marges de dimensionnement augmentant le poids des structures. En raison de la longueur croissante des pales de rotor composées de demi-coques, le transport jusqu'au site de l'installation nécessite de coûteuses mesures. En outre, l'écoulement de l'air agissant sur les pales du rotor est souvent inhomogène (profil en hauteur) ; ce qui provoque, s'il n'y a pas de réglage de la position de la pale à chaque tour, une réduction des performances des pales traditionnelles.

Performance accrue à des coûts d'investissement moindres

Fondée en 1999 à Sarnen, Blatec Blade Technologies SA est sortie des sentiers battus en achevant récemment le développement d'un concept de pale de rotor inédit et novateur. Ferdinand Lutz, fondateur et directeur, affirme : "Les éoliennes du futur ont besoin de pales de rotor plus efficaces et plus légères afin d'augmenter les performances et d'abaisser les coûts d'investissement. La demande exige une nouvelle pale de rotor s'adaptant mieux aux variations du vent et qui, grâce à un poids moindre, limite les sollicitations inhomogènes de la pale, de même que les contraintes exercées sur le moyeu et la tour. Une construction modu-

laire conduira en outre à des unités de transport moins encombrantes."

La nouvelle pale de rotor Blatec récemment développée se compose d'ailettes de métal léger, fixées à un longeron en fibre de carbone. Les ailettes sont recouvertes par une feuille tendue, renforcée avec de la fibre de verre, ce qui la rend indéchirable et peu extensible. Cette construction diminue le poids du rotor de moitié par rapport à la technique utilisée traditionnellement. Les pales de rotor sont décomposables en éléments de 12 m de longueur, ce qui rend possible un transport par conteneurs. Ainsi, le transport maritime et la livraison sur le lieu du montage en sont grandement facilités.

Une pale intelligente pour plus d'énergie à charge partielle

Pour adapter de manière optimale les pales aux conditions momentanées de l'écoulement de l'air, on procède à une adaptation du vrillage. Grâce à cet ajustement "twist" inédit, et au réglage "pitch" bien connu – soit la rotation de la pale tout entière –, un gain de puissance spectaculaire sera obtenu à charge partielle, un régime qu'on observe très fréquemment. L'objectif final du développement est une pale de rotor "intelligente", équipée de capteurs, qui optimise de manière autonome le "twist" et le "pitch".

Actuellement, Blatec planifie la construction d'un prototype à pales de 12 m de long, qui subira des tests en charge statique.

Blatec Blade Technologies SA, CH-6060 Sarnen

Usinage CNC du longeron en fibres de carbone (en haut). Découpage précis de la feuille de couverture à l'aide de chablon en tôle (en-bas).



Les génératrices de Bartholdi

Le vent sur le Gütsch près d'Andermatt produit de l'électricité grâce à une génératrice en provenance de Koblenz (AG). Cette unité centrale de la nouvelle éolienne sort des ateliers électromécaniques Otto Bartholdi SA, spécialisés non seulement dans la production de servomoteurs, mais aussi dans le développement et la construction d'entraînements et de génératrices de grandes dimensions pour l'énergie hydraulique et éolienne.

De l'eau au vent

Cette entreprise, fondée en 1956, était à l'origine un atelier de réparation pour moteurs électriques. Au cours des ans, elle s'est d'abord concentrée sur la fabrication de moteurs triphasés, puis sur les moteurs à courant continu. Il y a une quinzaine d'années, Otto Bartholdi SA a commencé à construire des génératrices spéciales pour les petits aménagements hydroélectriques. Au début, les unités n'excédaient pas un poids d'environ 3 t, alors qu'aujourd'hui elles atteignent facilement 30 t.

Le concept d'entraînement direct impliquait la recherche de diverses solutions pour la construction. Les génératrices synchrones, au nombre de pôles élevé, travaillent sans transmission et consomment donc très peu de lubrifiant, ce qui est particulièrement important pour réduire autant que possible l'entretien.

Depuis 5 ans, l'entreprise se consacre de manière intensive aux éoliennes, qui sont caractérisées par des conditions cadres particulières en matière de construction de génératrice. L'expérience acquise avec l'excitation à aimant permanent, ainsi que les adaptations correspondantes au niveau de la fabrication, du montage et des installations de test, ont valu à Otto Bartholdi SA une renommée internationale. Le fabricant néerlandais d'éoliennes Lagerwey n'a pas tardé à passer commande d'une centaine de génératrices qui sont actuellement en fabrication, les unes après les autres.

Hans-Rudolf Siegrist : Les aimants permanents sont soigneusement positionnés sur le rotor. Cette technique ouvre la voie aux turbines éoliennes sans transmission.



Plus d'efficacité grâce à un aimant permanent

Les moteurs synchrones à aimant permanent en technique sans balai, d'une puissance allant jusqu'à 1'200 kW à 27 tours par minute, sont particulièrement adaptés aux éoliennes. L'aimant permanent travaille toujours avec un rendement élevé (95%), même à une puissance réduite de moitié (charge partielle), et maintient ainsi une grande efficacité, même par vent modéré. Les expériences réalisées avec les installations actuellement en service confirment que l'abandon de la transmission augmente considérablement la fiabilité de fonctionnement. Le danger de dégâts dus aux rafales de vent est écarté. En outre, le bruit produit par les engrenages est ainsi éliminé. Un robot de montage permet de positionner avec précision les aimants permanents sur le rotor, de les bloquer par des vis.



La génératrice est testée sur le stand d'essai d'Otto Bartholdi SA, avant d'être mise en service sur le Gütsch. Là-haut, elle sera chauffée en cas d'arrêt pour écarter tout risque de gel. L'étanchéité a été tout particulièrement soignée pour éviter toute infiltration de neige.

Pas toujours sans obstacle

La PME Otto Bartholdi SA compte 35 collaborateurs et sa production est fortement orientée vers l'exportation. Hans-Rudolf Siegrist, directeur, explique : "Actuellement, nos servomoteurs sont utilisés dans le monde entier dans des automates de maintenance et d'emballage et pour les robots industriels. Globalement, nous avons un taux d'exportation de 80 – 95%, avant tout vers l'UE. Mais on rencontre dans le monde entier les composants que nous livrons pour être montés dans diverses installations. De façon générale, nous aurions apprécié des démarches administratives plus simples, aussi bien dans le cadre de nos activités d'exportation que lors de notre participation à des projets internationaux de développement. Sinon, nous sommes convaincus qu'un haut niveau de savoir-faire en matière de construction et de fabrication offre de réelles chances de s'affirmer au niveau international en tant que fabricant d'articles dans un créneau particulier, et surtout en tant que partenaire dans le domaine des sources d'énergie renouvelables."

Otto Bartholdi SA, CH-5322 Koblenz

Les convertisseurs de Technocon SA

Fondé en 1995 au Technoparc de Zurich, le bureau d'ingénieurs Technocon SA s'est intéressé dès sa création à l'énergie éolienne. Dans le cadre d'un projet de l'UE et en collaboration avec un fabricant autrichien, il a développé une électronique de puissance pour turbines éoliennes. Durant cette période, le bureau s'est agrandi : il compte actuellement une quinzaine de personnes, réparties entre le siège de Zurich et la succursale de Bâle ; l'assortiment de ses produits s'est aussi diversifié.

La compétence au service de l'électronique de puissance

Les améliorations apportées aux propriétés des semi-conducteurs, de même qu'une électronique de réglage et de commande plus rapide, marquent l'évolution constante du domaine de l'électronique de puissance. Ralph Niederer, directeur, commente : "Les convertisseurs pour éoliennes doivent répondre à un certain nombre de critères spécifiques. La plupart des pays ont, en matière d'alimentation des réseaux, des prescriptions bien plus sévères que pour la distribution. Il faut maîtriser entre autres les harmoniques et le réglage de la puissance réactive, et ceci dans des conditions cadres économiques qui imposent des marges de coûts très faibles. Grâce à notre savoir-faire en matière de technique des puissances élevées, nous avons obtenu des mandats toujours plus nombreux, au fur et à mesure que la puissance installée des éoliennes progressait. Nous participons, entre autres, au projet Lagerwey pour lequel Bartholdi SA fournit les génératrices."

Technocon SA travaille en collaboration avec des entreprises partenaires, par exemple, avec Rauscher + Stoecklin SA, à Sissach, qui produit des armoires de commande faites sur mesure. "Les modules convertisseurs avec éléments IGBT ou GTO sont également fabriqués et montés

selon nos instructions. Il n'y a que les appareils de commande que nous montons, programmons et testons nous-mêmes." Technocon SA travaille en étroite collaboration avec la recherche et a, par exemple, financé un travail de diplôme à l'EPFZ, portant sur l'optimisation du rendement de ses

(TUCS), basé sur des cartes de processeur standard et offrant une grande flexibilité grâce à des interfaces normalisées. Le TUCS (*Technocon Universal Control System*) se configure à chaque application et peut donc être utilisé pour des réglages complexes.



Montage de l'électronique de puissance.

convertisseurs. Outre l'électronique de puissance, ce jeune bureau d'ingénieurs fournit aussi des systèmes d'automatisation des procédés industriels. Ainsi, il a développé son propre système de commande

Le convertisseur participe à la croissance

Le vent produit du courant électrique à bon marché, à partir d'une source d'énergie renouvelable. Il implique des coûts d'investissement spécifiques faibles et offre des performances idéales, celles-ci croissant selon le carré du diamètre du rotor. Ce qui explique qu'on observe des sauts de puissance spectaculaires, atteignant le domaine des 3 – 5 MW_e, dans le cas des installations situées en mer. Les convertisseurs pour éoliennes doivent aussi se distinguer par une excellente fiabilité qui satisfasse aux conditions extrêmes de température et de terrain. Dans tous les cas, l'exiguïté des lieux est un critère important, que le montage se fasse dans la nacelle du rotor ou à la base de la tour. C'est la raison pour laquelle la construction modulaire et la conception compacte des convertisseurs Technocon sont tout particulièrement appréciées.

www.technocon.ch

Les convertisseurs sont installés à la base de la tour ou dans la nacelle du rotor ; il faut, dans les deux cas, s'accommoder de l'exiguïté des lieux.



L'ISKB et la LME : c'est oui

L'association alémanique ISKB soutient la LME

Au cours de son assemblée générale du 24 avril 2002 tenue à Berthoud, l'ISKB, qui regroupe les propriétaires alémaniques de petits aménagements hydroélectriques, s'est prononcée en faveur de la loi sur le marché de l'électricité (LME) soumise au Peuple en septembre ; elle va appuyer activement le comité de soutien.

Soutien à l'exploitation de la force hydraulique

La LME et son ordonnance sur le marché de l'électricité facilitent l'exploitation de la force hydraulique en lui accordant plusieurs avantages : elles établissent en particulier des conditions cadres pour une exploitation rentable des petites installations, pour le maintien de ces petits aménagements décentralisés qui fonctionnent souvent depuis des décennies et pour une production durable de l'énergie. La loi prévoit un ache-

vement gratuit pendant dix ans pour toute installation de puissance inférieure à 500 kW et une rémunération clairement définie pour l'alimentation du réseau par le courant produit.

Au cours de l'assemblée générale, Rudolf Rechsteiner, conseiller national et membre de la CEATE (la Commission du Conseil national pour l'énergie), a expliqué comment ce projet a été développé au Parlement et a démontré les avantages d'une accepta-

tion, ainsi que les conséquences d'un éventuel refus. Bien que l'impulsion pour l'ouverture du marché de l'électricité vienne de l'étranger, la loi prend en considération la situation particulière de la Suisse et régleme l'utilisation du réseau en fixant des clauses de sauvegarde bien définies. Pour la première fois, le réseau existant pourra être utilisé par tous ; ce qui équivaut à la création d'une route nationale pour le courant électrique. Cela devrait mettre un terme à l'insécurité des petits producteurs

Le Canal de l'Emme à Berthoud entraîne, sur plusieurs paliers, les turbines hydrauliques de l'industrie locale.



Les conditions cadres se clarifient

En tant que chef du programme Petits aménagements hydrauliques de l'OFEN et secrétaire général de l'ISKB, Hanspeter Leutwiler connaît de très près la situation actuelle de l'exploitation de la force hydraulique.

Une grande partie des études pilotes soutenues au cours de ces dernières années ont abouti à des réalisations concrètes. Quelle est la raison de ce succès ?

Hanspeter Leutwiler : Il est dû à plusieurs facteurs. Des solutions techniques intéressantes, telles que les petits aménagements hydroélectriques sur le réseau d'eau potable et des types de turbines moins chères, ont pu être réalisées là où les conditions cadres étaient favorables. Dans de nombreux cas, 15 centimes par kWh ainsi que l'abandon de la redevance hydraulique ont été des arguments financiers importants.

À quels problèmes essentiels les projets de petits aménagements hydroélectriques doivent-ils faire face ?

Il faut mentionner tout d'abord les changements des conditions de propriété, ensuite



Hanspeter Leutwiler : La LME offrira de meilleures conditions cadres et redonnera aux petits aménagements hydroélectriques la possibilité de se profiler comme fournisseurs d'électricité.

les difficultés de financement et les perspectives à long terme, et enfin les procédures d'autorisation qui peuvent être parfois un obstacle.

Où voyez-vous des chances concrètes d'utiliser davantage la force hydraulique par de petits aménagements ?

Nous avons la technique nécessaire pour agrandir les installations existantes et pour les rendre plus efficaces, pour intégrer des turbines à eau potable et pour valoriser les paliers qui existent tout au long des cours d'eau. Ces moyens pourront être utilisés



Toni Eberhard : La promotion des sources d'énergie renouvelables joue également un rôle très important pour les petits aménagements hydroélectriques.

d'électricité. Les travaux de rénovation et de renouvellement des petits aménagements hydroélectriques pourront être calculés de façon à ce que la rentabilité soit assurée.

Une contribution durable à la production d'énergie

Globalement, la LME aura un effet dynamisant sur l'utilisation des sources d'énergie renouvelables. À l'avenir, ces sources d'énergie contribueront de plus en plus à approvisionner durablement la Suisse en électricité et en chaleur.

Au cours de l'assemblée générale de l'ISKB, outre la discussion sur la LME, il fut question du thème très actuel de la certification avec le label "naturemade". Les charges financières additionnelles considérables qui touchent les petits aménagements hydroélectriques contrastent avec la position encore incertaine de l'électricité éco-

logique sur le nouveau marché. Grâce à son appui à la LME, l'ISKB apporte cependant aussi une contribution positive à ce thème.

Le petit aménagement hydroélectrique de Cormoret est de nouveau en exploitation. Un programme de revitalisation a permis de conserver ces installations; en particulier, une nouvelle grille fine constituée d'une tôle perforée a été posée.



Revita : Cormoret fournit à nouveau de l'électricité

À Cormoret dans le Jura bernois, des chômeurs ont redonné vie à un petit aménagement hydroélectrique, sous la direction de la Fondation Revita (Centre écologique de Langenbruck) et avec le soutien de l'OFEN. L'installation a été inaugurée fin avril. L'eau pouvait à nouveau couler dans la turbine Francis rénovée, dont la fabrication remonte à 1919. Cet aménagement a été mentionné pour la première fois dans des

lorsque la LME sera entrée en vigueur, améliorant ainsi la situation des petits aménagements hydroélectriques.

Par ses fonctions de conseiller national et de membre du comité de direction de l'ISKB, **Toni Eberhard** a vécu de très près les débats en rapport avec la LME.

Quel est votre rapport personnel avec l'exploitation de la force hydraulique ?

C'est surtout à travers le débat sur la LME que je suis entré en contact avec ce sujet. J'y ai présenté plusieurs requêtes en faveur des petits aménagements hydroélectriques, qui avaient été préparées en collaboration avec l'ISKB.

Comment jugez-vous la situation des petits aménagements hydroélectriques en Suisse ?

Les petites installations sont concernées elles aussi par la bataille des prix et l'offre excédentaire d'énergie électrique. Les restrictions de construction imposées par les domaines de l'écologie et de la protection des eaux sont très contraignantes pour les petits aménagements. Elles constituent un désavantage concurrentiel, car elles sont calculées sur de petites quantités d'électricité. La demande de

courant écologique existe ; il y a donc là une opportunité à saisir, à condition que les investissements nécessaires puissent être amortis.

Comment a été perçue l'exploitation hydraulique au cours du débat du Conseil national sur la LME, par rapport aux autres sources d'énergie renouvelables ?

L'exploitation hydraulique a été un sujet très important pour le Parlement, qui s'est efforcé de faire en sorte qu'avec la LME, les sources d'énergie renouvelables puissent rester concurrentielles, malgré l'ouverture du marché.

Quelle est, pour la Confédération, ou plus précisément pour l'OFEN, la manière optimale de promouvoir cette forme d'énergie ?

Afin que l'exploitation de la force hydraulique par de petites installations reste possible, il faut qu'il y ait de bonnes conditions cadres financières, des taxes sur l'acheminement et des rétributions versées pour l'électricité injectée dans le réseau ; en outre, les conditions posées lors du renouvellement des concessions doivent rester avantageuses.

*Démontage de la turbine à réparer.
(Photos: Revita)*



livres d'histoire en 1839. En 1885, il alimentait le premier éclairage local des rues dans une commune suisse. Grâce à ces travaux, il n'est pas complètement tombé en ruines et a pu être conservé avec sa puissance de 50 kW. Bien que la turbine ait pu être rénovée, une grande partie des installations techniques a dû être refaite à neuf. Une nouvelle grille fine spéciale a été installée. Elle est composée d'une tôle perforée qui retient mieux les feuilles et les objets flottants que les modèles précédents. L'afflux d'eau est réglé automatiquement par une pale directrice qui permet de conserver le niveau d'eau quel que soit le débit du cours d'eau. Une certification de courant écologique avec le label "naturemade star" sera bientôt possible grâce à un projet d'échelle à poissons et à l'élévation du débit des eaux résiduelles. Le courant produit est injecté dans le réseau public.

www.revita.ch

La mobilité de PowerPac

Le projet PowerPac et ses piles à combustible réunissent dans un but précis des partenaires de la recherche et de l'industrie au sein d'un seul réseau

Felix Büchi

Laboratoire
d'électrochimie
Institut Paul Scherrer
CH-5232 Villigen

Daniel Schmid

IMES-ZPE
CLA E15.2
ETH Zentrum
CH-8092 Zurich

Alphons

Hintermann

Responsable du
domaine Piles à
combustible de
l'OFEN

Le PowerPac est un futur générateur de courant mobile, voire portable. L'EPFZ et le PSI, avec le soutien de l'OFEN, dirigent les développements qui sont à la base d'un système de pile à combustible PEM optimisé. Outre les instituts de recherche des Hautes Écoles, les entreprises et organisations intéressées y prennent également part. Ces dernières devront pouvoir directement profiter des résultats ainsi obtenus pour les appliquer, à long terme, à des produits commercialisés. L'Office fédéral de l'énergie encourage aussi bien les technologies de piles à combustible SOFC que PEM, depuis les recherches de base jusqu'aux préparatifs de la commercialisation. Dans le projet PowerPac, l'OFEN soutient le développement d'un prototype bien adapté à un transfert de technologie efficace qui aura de bonnes opportunités sur le marché.

Des propriétés idéales pour les petits appareils

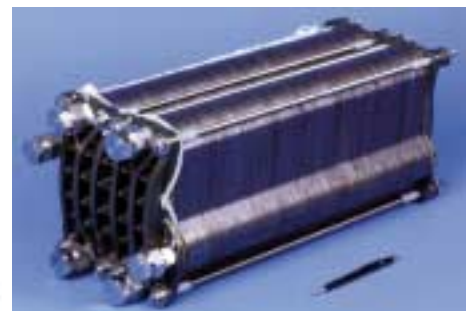
Dans la gamme de 500 à 2'000 W, le créneau prévu pour les systèmes PowerPac est celui des appareils mobiles de faible puissance. Ces systèmes pourraient alimenter en courant électrique des tondeuses à gazon, des tronçonneuses et même de petits véhicules électriques, avec donc des marchés potentiels importants. Le fait que la consommation d'hydrogène de ces applications soit relativement faible permet de fournir ce combustible facilement, sans recourir à une grande infrastructure. Les opportunités de commercialisation s'offrent donc déjà.

Constitution d'un réseau pour le transfert des connaissances

Les critères de développement retenus pour PowerPac sont une recharge rapide, un rendement élevé, un faible bruit et une certaine modularité permettant la réalisation d'une série de produits. Le réseau constitué pour le projet PowerPac réunit des entreprises dans le but délibéré de générer ensemble des connaissances en matière de technologie

des piles à combustible et de développer un savoir-faire commun. Ses activités comprennent notamment des manifestations comme le séminaire du 4 décembre 2002 de la SCGA (Swiss Computer Graphics Association).

www.powerpac.ch



Le "stack" de la pile à combustible du projet Bresa (1999), précurseur et base technique du concept PowerPac.



Esquisse du design de la pile à combustible mobile PowerPac. (Photo: Tribecraft SA)

Les partenaires du PowerPac

Les entreprises suivantes se sont associées pour créer PowerPac :

- Brütsch Elektronik
- MES-DEA
- Tribecraft SA
- Weidmann Plastics Technology SA.

Soleil et bois

L'utilisation conséquente du bois et un large recours à l'énergie solaire font de *Sunny Woods* un exemple convaincant

Beat Kämpfen

Bureau
d'architecture
CH-8049 Zurich

Mark

Zimmermann

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

Andreas

Eckmanns

Responsable du
domaine Bâtiments
de l'OFEN

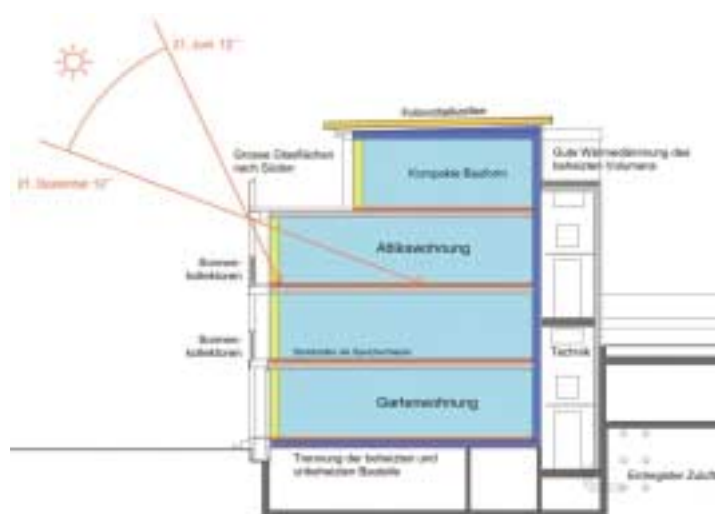
La maison en bois *Sunny Woods*, réalisée à Zurich-Höngg, a été construite pour accueillir six familles. Cette maison à appartements, qui compte quatre étages, est l'une des premières à être construite entièrement en bois ; elle bénéficie d'un concept à "énergie zéro" ; elle respecte le standard de la "maison passive", étant, de plus, équipée de la plus grande installation photovoltaïque de Suisse à être munie de cellules en couches minces.

Des concepts pour une qualité d'habitation

Tous les six appartements en duplex sont de 6½ pièces, ont un accès direct vers l'extérieur et sont conçus de manière à garantir une grande qualité d'habitation ainsi qu'une certaine individualité. La partie habitable préfabriquée est principalement en bois. La protection contre les incendies tout comme l'insonorisation ont fait l'objet de soins particuliers.

Le concept énergétique se base sur une isolation thermique optimale, une architecture solaire passive, des éléments thermiques et photovoltaïques, ainsi que des installations

techniques modernes. La façade dispose d'une isolation thermique d'environ 33 cm d'épaisseur, ce qui permet d'atteindre une valeur U de 0,12 W/m²K. La terrasse de l'at-



tiques, les rives des dalles et les cadres des fenêtres de la façade sud ainsi que les portes ont été revêtues de plaques isolantes sous vide, de 20 mm d'épaisseur, afin d'atteindre une solution optimale, même dans ces domaines où l'isolation est difficile à réaliser.

Concept énergétique du nouveau bâtiment en bois "Sunny Woods".

La rénovation d'après le standard Minergie

Le concours 2001 des Services de l'énergie des Cantons de Suisse orientale et de la Principauté du Lichtenstein avait pour objectif des rénovations-modèles de grands bâtiments selon le standard Minergie. Dans ce cadre, le projet de Beat Kämpfen pour l'édifice sis au n° 38 de la Limmattalstrasse à Zurich a également été reconnu. Il s'agissait de la rénovation d'un bâtiment datant de 1963, qui était vide depuis 1994, destiné aux arts et métiers. Il a dû être complètement rénové et – comme il est actuellement situé dans une zone résidentielle – transformé en habitations et en ateliers. La maison a été pourvue d'une isolation thermique optimi-



La façade principale après les travaux, avec ses capteurs solaires intégrés et ses modules photovoltaïques qui donnent de l'ombre en été.

sée, de manière à être chauffée à l'aide d'un foyer volcan (55 kW) alimenté uniquement avec des copeaux de bois fournis par la menuiserie installée dans l'édifice même. Le chauffage bénéficie également de l'apport d'une superficie de 52 m² de capteurs solaires thermiques intégrés à la façade. L'air, destiné à la ventilation mécanique douce, est chauffé individuellement à chaque étage. La façade de l'édifice, exposée aux rayons du soleil pendant toute l'année, a été pourvue de modules photovoltaïques qui, d'une part, donnent de l'ombre aux fenêtres en été, et, d'autre part, réfléchissent le rayonnement sur les capteurs thermiques.



Le sol d'ardoise de Sunny Woods emmagasine la chaleur produite par le rayonnement solaire.

La polyvalence de l'énergie solaire

La situation et la forme du terrain permettent une utilisation maximale de l'énergie solaire passive. Les locaux sont exposés au sud et la façade correspondante est presque entièrement vitrée. Son vitrage triple permet un gain solaire, même en hiver. Le plancher, revêtu d'ardoises noires que l'on trouve dans les pièces habitées, sert d'accumulateur thermique. Des capteurs solaires thermiques à tubes sous vide pourvoient à la production d'eau chaude sanitaire et forment en même temps les balustrades des balcons.

Lorsque l'énergie solaire ne suffit pas, une pompe à chaleur air-eau prend le relais de l'approvisionnement en énergie. Cette pompe ainsi que l'accumulateur thermique et les appareils de la ventilation mécanique douce sont tous installés dans un local technique, réparti sur les deux étages de chaque appartement. Chaque appartement disposant ainsi de son propre local technique, il est possible d'installer des conduites courtes allant aux endroits d'utilisation ; ce qui permet de réduire les pertes et d'offrir un confort élevé. Le sens de la responsabilité et la compréhension des habitants pour les techniques énergétiques avancées s'en trouvent, en outre, stimulés.

L'OFEN soutient une architecture globale

Sunny Woods démontre de façon exemplaire comment divers nouveaux éléments, relevant des techniques de construction et d'énergie, peuvent être intégrés dans une architecture globale. L'OFEN a soutenu, en tant que projet pilote et de démonstration, la maison

à plusieurs appartements conçue par l'architecte Beat Kämpfen et certifiée conforme, en ce qui concerne l'énergie, au standard de la "maison passive".

Liens Internet

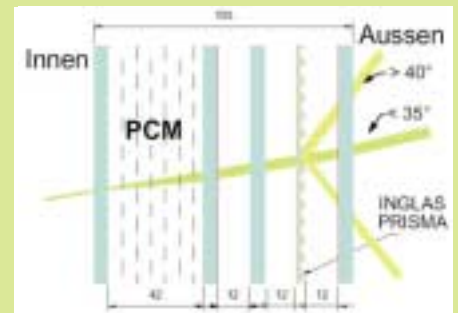
Tout sur la " maison passive"
www.passivhaus-info.de

Les informations les plus récentes sur le standard Minergie et son évolution
www.minergie.ch

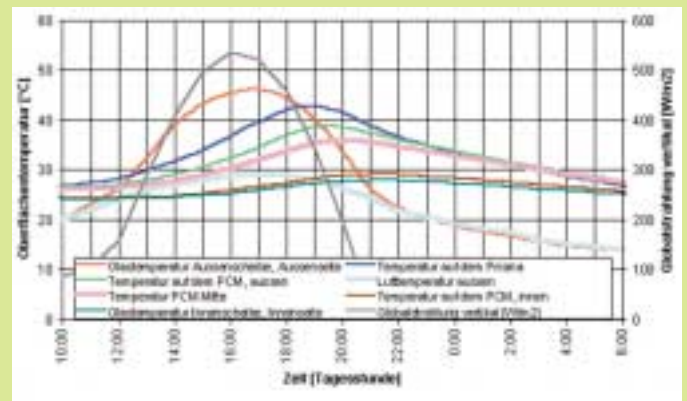
Emmagasiner de la chaleur dans les murs

L'idée d'un mur "stockeur" massif et muni d'un vitrage n'est pas neuve, mais elle renaît grâce au développement, soutenu par l'OFEN, d'un élément d'accumulation de la chaleur construit avec des matériaux novateurs. Ce système spécialement conçu agit simultanément comme une isolation thermique transparente, un absorbeur, un réservoir d'énergie thermique et une protection contre la surchauffe. Des conteneurs en polypropylène, remplis de paraffine, sont placés derrière le vitrage isolant sous argon. Le système se charge lorsque le rayonnement solaire est suffisant : la paraffine se réchauffe et fond à basse température. Elle peut, lors du changement de la phase solide à la phase liquide (qui a lieu à une tem-

Mur "stockeur" solaire avec une couche à structure prismatique qui sert de protection estivale contre la surchauffe.



pérature comprise entre 27 et 35 °C), emmagasiner dix fois plus d'énergie que le béton. Le système se décharge si la quantité d'énergie rendue passivement est supérieure à l'énergie introduite par le rayonnement solaire. L'énergie thermique emmagasinée est délivrée au bâtiment avec un certain retard. La façade de la maison so-



L'énergie thermique est délivrée au bâtiment avec un certain retard.

laire Solarhaus III, située à Ebnat-Kappel et qui a gagné le Prix solaire 2001 (catégorie " Installations les mieux intégrées"), est revêtue de cette structure à 62%.

La deuxième couche de verre depuis l'extérieur, à structure prismatique, réfléchit les rayons du soleil, tombant en été sous une incidence rasante, tandis qu'elle laisse passer ceux de l'hiver, plus bas sur l'horizon. Elle protège ainsi de la surchauffe estivale. Un deuxième système d'ombrage (des stores, par exemple) n'est plus nécessaire.
www.solaragency.org
www.inglas.de

Test en régime dynamique

Un projet de recherche illustre l'extension d'une méthode d'essai des pompes à chaleur (PAC)

Martin Zogg

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

Fabrice Rognon

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

Rapports finaux :
Dynamischer Wärmepumpentest, Phase 1 : Modellansatz für die prüftechnische Charakterisierung der Minderproduktion ; E. Shafai, D. Zogg, M. Ehrbar, L. Wirth ; 2000, OFEN.
Phase 2 : *Validierung des Modellan-satzes und Entwicklung einer Prüfpro-zedur* ; B. Hubacher, M. Ehrbar ; 2001, OFEN.

Pour télécharger les rapports par Internet : www.waermepumpe.ch/fe
Pour les commander : www.energieforschung.ch
(Publications ENET n° 200145 et 210127)

L'adaptation de la quantité de chaleur produite par la pompe à chaleur aux besoins de chauffage se fait généralement par un fonctionnement intermittent. Ce régime occasionne des pertes aussi longtemps que l'ensemble des composants de la pompe à chaleur n'a pas encore atteint la température de fonctionnement. Une pompe à chaleur fonctionnant en régime intermittent affichera donc une production de chaleur réduite par rapport à sa production en exploitation stationnaire continue. Contrairement à une opinion largement répandue, mais erronée, cette réduction est loin d'être négligeable. La figure 1 en présente une illustration, à l'exemple des mesures effectuées sur une pompe à chaleur de 10 kW_{th} du commerce. On enregistre, par exemple, sur la pompe à chaleur mesurée, pour une durée de fonctionnement de 0,4 heure, suivie d'un arrêt de 3,6 heures, une réduction de la puissance thermique s'élevant à plus de 7% en comparaison de l'exploitation en régime stationnaire continu.

Un modèle mathématique pour chiffrer la baisse de productivité

On dénombre encore peu d'études consacrées aux paramètres qui déterminent la réduction de la production de chaleur utile causée par l'enclenchement et le déclenchement de la pompe à chaleur, par rapport à l'exploitation en régime stationnaire continu. Dans la première phase du projet de recherche traitant du développement de procédures de mesure pour les tests de pompes à chaleur en régime dynamique, les phénomènes physiques observés après l'enclenchement et le déclenchement ont été enregistrés, modélisés et simulés par des calculs. Ainsi, on a complété l'étude de la variation, pendant le régime transitoire, de la puissance thermique fournie par la pompe à chaleur par un modèle mathématique approché permettant d'évaluer la réduction de la production de chaleur. On a multiplié la plus grande réduction possible par un facteur de correction qui prend en compte les

durées de fonctionnement et d'arrêt. La plus grande réduction de production de chaleur est atteinte lors du ré-enclenchement qui suit un temps d'arrêt infiniment long. Elle varie en fonction de la température de la source froide, de celle du soutirage (température d'entrée du condenseur) et de la température ambiante régnant dans le local de la pompe à chaleur. Il y a ainsi en tout cinq paramètres dans le modèle, qu'il s'agit de déterminer expérimentalement. Les premiers essais déjà effectués indiquent que le modèle reproduit avec suffisamment de précision la dépendance de la réduction relative de productivité en termes des paramètres mentionnés.

Validation par des essais PAC

Au cours de la phase 2 de ce projet de recherche, on a tout d'abord procédé à des es-

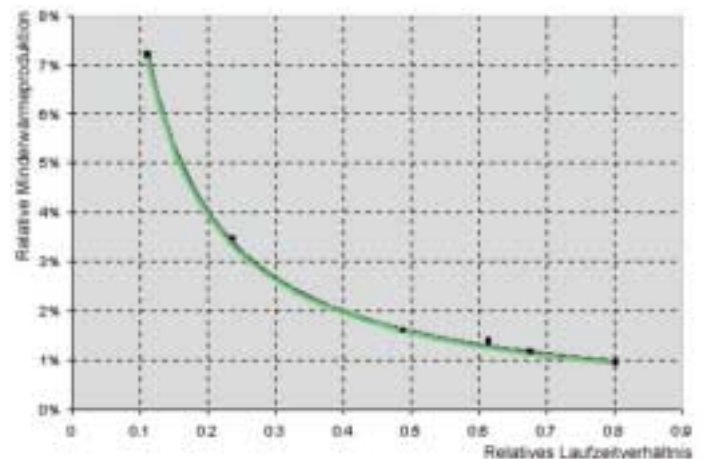


Figure 1
Dépendance de la réduction relative de productivité (réduction de la production de chaleur / production en régime stationnaire continu pendant un cycle complet) en fonction de la durée de fonctionnement relative (durée de fonctionnement / durée du cycle) pour une durée du cycle de 4 heures (température de la source froide : -10 °C, température de soutirage : +35 °C)

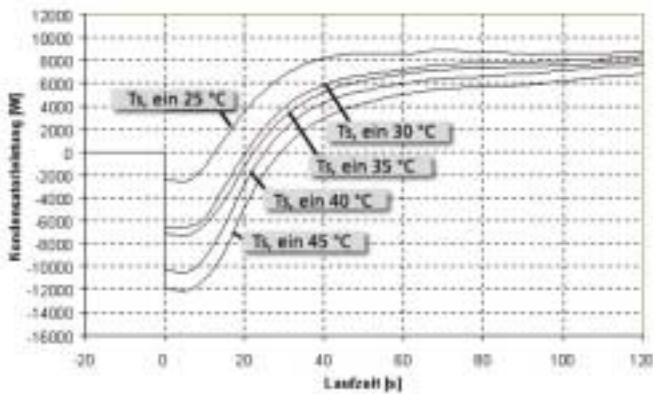


Figure 2

Mesure de l'évolution de la puissance de chauffage (puissance thermique du condenseur) au démarrage pour différentes températures de retour du chauffage (soutirage de la chaleur). Température à l'entrée du condenseur (soutirage) : 0 °C après de très longs temps d'arrêt ; durée de fonctionnement : 8 heures ; durée du cycle : 15 heures.

sais systématiques sur une pompe à chaleur de 10 kW_{th} du commerce, pour valider le modèle mathématique de la réduction de puissance. Les figures 2 et 3 présentent un extrait des nombreux résultats obtenus lors de ces essais. Elles montrent que la phase de démarrage non stationnaire (modification importante de la puissance thermique fournie par la pompe à chaleur) se limite à quelques minutes. Selon la température de soutirage (retour du circuit de chauffage), on observe même, immédiatement après l'enclenchement, un prélèvement de chaleur de la boucle du chauffage (figure 2). Les plages à puissance de condenseur négative illustrent ce phénomène. Ce sont les durées de cycle et de fonctionnement (exemple donné à la figure 3), ainsi que la température de la source de chaleur, qui conditionnent l'évolution dans le temps de la puissance de chauffage après l'enclenchement, et par conséquent la réduction de productivité.

Nouvelle méthode de test

Dans la deuxième partie de la phase 2, on a développé, puis testé sur la pompe à chaleur, une procédure de test aussi simple que possible permettant de déterminer expérimentalement les cinq paramètres du modèle. La procédure de test considérée englobait les étapes suivantes :

- attente du refroidissement complet de la pompe à chaleur à l'arrêt (environ 8 heures)
- 1^{er} essai de démarrage à une température d'entrée de la source froide de -10 °C et à une température de soutirage de +25 °C (temps nécessaire : environ 1 heure)
- attente du refroidissement complet de la pompe à chaleur à l'arrêt (temps nécessaire : environ 8 heures)
- 2^e essai de démarrage à une température d'entrée de la source froide de -10 °C et à une température de soutirage de +45 °C (temps nécessaire : environ 1 heure)
- mesures en exploitation intermittente: échantillon de 5 cycles consécutifs (temps nécessaire : environ 30 h)
- attente du refroidissement complet de la pompe à chaleur à l'arrêt (temps nécessaire: environ 8 heures)
- 3^e essai de démarrage à une température d'entrée de la source froide de +10 °C et à une température de soutirage de +45 °C (temps nécessaire : environ 1 heure).

Conditions-cadres garantissant un déroulement optimal du test

Afin de simplifier la procédure, on a renoncé à enregistrer le givrage et le dégivrage de l'évaporateur. La méthode d'essai fournit par conséquent une borne inférieure de la réduction de productivité ; en exploitation réelle avec givrage, celle-ci sera plus importante (capacité thermique supplémentaire de la couche de glace, température de fonctionnement de l'évaporateur plus basse). C'est pourquoi le test doit être effectué avec de l'air déshumidifié. Le respect de l'ensemble des conditions-cadres du test est particulièrement astreignant en rai-

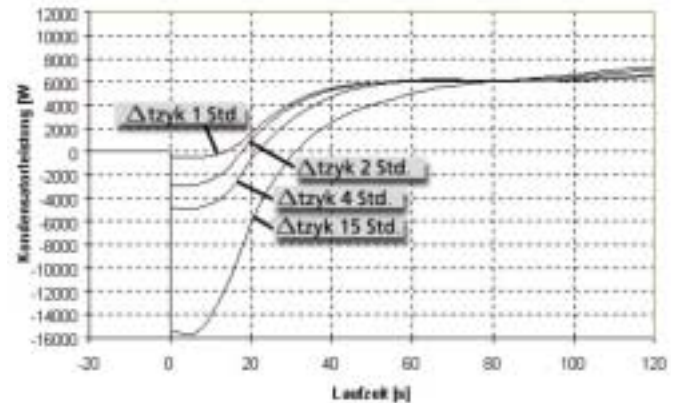


Figure 3

Mesure de l'évolution de la puissance de chauffage au démarrage pour différentes durées de cycle et une durée de fonctionnement relative de 0,5 (durée de fonctionnement = durée de l'arrêt). Température de la source froide : 0 °C ; température de soutirage : +45 °C.

(Graphiques tirés du rapport final de la phase 2)

son de l'interaction entre les composants du banc d'essai et ceux de la pompe à chaleur. Le maintien d'une température constante dans la chambre climatique (qui constitue la source de chaleur), durant les instants qui suivent l'enclenchement de la pompe à chaleur, est extrêmement délicat.

En incluant les préparatifs du banc d'essai, la procédure décrite pour ce test de pompes à chaleur en régime dynamique demande environ 65 heures supplémentaires par rapport au test de pompes à chaleur selon les normes EN255. La réduction de puissance en régime intermittent représente cependant une caractéristique de qualité importante pour une pompe à chaleur, qui a échappé jusqu'ici à toute mesure. Les essais de pompes à chaleur en régime dynamique permettraient un dimensionnement plus fiable des systèmes de chauffage avec pompes à chaleur par simulation numérique (actuellement, les pertes occasionnées par le régime intermittent ne sont pas calculées correctement). Il faut donc espérer que, malgré le surcroît important de travail qu'il implique, ce test fera son chemin dans la pratique.

Auteur : Martin Zogg

PROTEUS: une approche de la réalité

Le réacteur de recherche du PSI livre des données à l'appui de nouveaux concepts pour les réacteurs à eau légère

Fabian Jatuff

Chef du projet
LWR-PROTEUS
Institut Paul Scherrer
CH-5232 Villigen

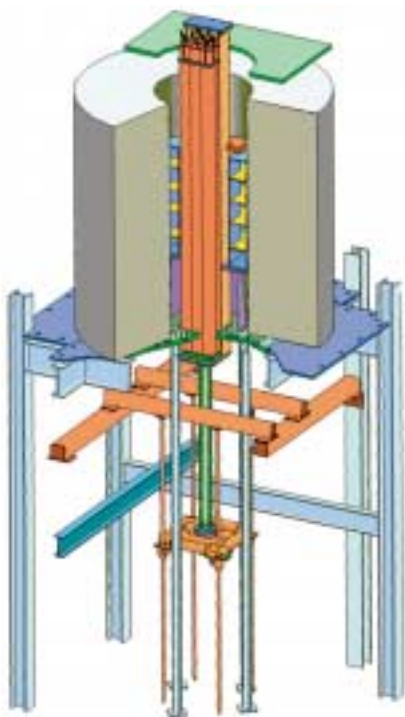
J. Peter Hosemann

Chef du programme
Sûreté nucléaire et
gestion des déchets
Institut Paul Scherrer
CH-5232 Villigen

Christophe de Reyff

Responsable du
domaine Énergie
nucléaire de l'OFEN

Coupe à travers le réacteur expérimental PROTEUS de l'Institut Paul Scherrer (PSI).



Les programmes de recherche et de développement en physique des réacteurs concourent à la fiabilité et à la rentabilité de l'exploitation des centrales nucléaires. Ils comprennent notamment l'expérimentation de concepts nouveaux de réacteurs et de combustibles nucléaires, ainsi que la détermination de données fiables en la matière. À cette fin, un réacteur expérimental est utilisé pour reproduire fidèlement les phénomènes de physique neutronique qui surviennent dans le réacteur de puissance. Ces expériences de simulation contribuent également à l'amélioration des connaissances et à la formation continue des spécialistes.

Tout tourne autour du réacteur de recherche

Avant de modifier certains paramètres d'exploitation des réacteurs actuels à eau légère, il faut, dans le but d'utiliser de manière plus rentable les éléments de combustible – en augmentant la puissance thermique et le temps d'irradiation –, effectuer un certain nombre de calculs préalables. Dans le ré-

acteur de recherche PROTEUS, ces derniers sont vérifiés expérimentalement par les chercheurs du Laboratoire de physique des réacteurs et du comportement des systèmes de l'Institut Paul Scherrer (PSI). Le programme LWR-PROTEUS correspondant, mis au point avec la collaboration des entreprises électriques et cofinancé par celles-ci, a débuté avec succès en 1996 et a conduit à des résultats importants. PROTEUS est un

réacteur de recherche qui fournit par fission nucléaire une puissance thermique pratiquement négligeable (env. 1 kW), mais qui produit des neutrons en nombre suffisant pour permettre la réalisation d'expériences de physique neutronique. Il se caractérise par une grande flexibilité, si bien que des systèmes de réacteur très différents les uns des autres peuvent y être étudiés. La zone d'essai proprement dite est constituée par la partie cylindrique centrale. Comme elle n'est pas en mesure de maintenir à elle seule une réaction en chaîne, elle est entourée de deux zones de multiplication neutronique dans lesquelles se trouvent également toutes les barres de réglage ainsi que l'instrumentation nécessaire à son exploitation. Une zone tampon avec des barres d'uranium naturel métallique se trouve entre deux. Cette disposition, comme l'exigent les programmes d'essais en conditions quasi réelles, a l'avantage de permettre la reproduction des conditions les plus diverses rencontrées dans les réacteurs de puissance.

Les bases de données physiques doivent être actualisées

Les deux variantes de réacteurs à eau légère sont présentes sur toute la surface du globe : les réacteurs à eau bouillante comme dans les centrales de Leibstadt et de Mühleberg et les réacteurs à eau pressurisée comme à Beznau et à Gösgen.

Les installations comportant un réacteur à eau légère sont devenues bien plus complexes au fil des années ; cette évolution a touché les éléments de combustible, la gestion du combustible et la charge du réacteur. Le projet LWR-PROTEUS et ses phases de recherche répondent à un besoin correspondant : les logiciels de calcul n'avaient pas été validés pour les nouveaux concepts et les données expérimentales disponibles étaient devenues insuffisantes. Au niveau des éléments de combustible et de la disposition du cœur du réacteur, une nouvelle vérification de ces concepts avancés s'imposait.



Le résultat de la première phase du projet fut la validation de la répartition détaillée de la puissance entre les différents éléments de combustible.

Des éléments de combustible neufs sont placés en premier lieu dans PROTEUS

L'un des aspects essentiels de la première phase du projet était l'expérimentation, dans PROTEUS, d'éléments de combustible d'origine, non irradiés, avant même leur montage dans une centrale nucléaire suisse. Les avantages d'une telle démarche sont évidents : elle permet une expérimentation très proche des conditions réelles et dont le prix de revient est avantageux ; car elle évite en particulier les frais habituels d'acquisition du combustible ainsi que ceux liés à son élimination à la fin des recherches.

La première phase du projet s'est achevée en 2000. Les mesures ont porté sur neuf éléments de combustible pour réacteur à eau bouillante, du type Westinghouse



SVEA-96+, de géométrie fort complexe, disposés selon une matrice 3 x 3. Bien que leur longueur soit de 4,5 m alors que la hauteur de la zone active de PROTEUS est inférieure à 2 m, les mesures ont pu être effectuées sur toute la longueur des éléments. Une plate-forme de levage a été nécessaire à leur déplacement vertical à travers la zone d'essai entre les différentes séquences de mesures. Cette première phase

a notamment permis la validation précise de la répartition de la puissance entre les différentes barres de l'élément SVEA.

Le combustible irradié, source de renseignements importants

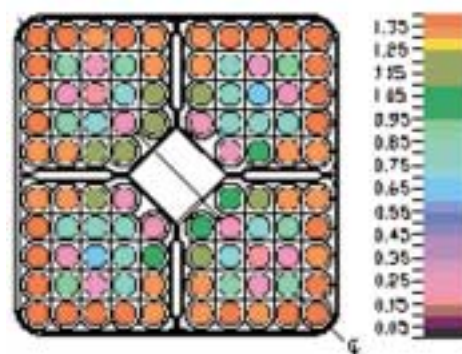
La deuxième phase actuellement en cours a débuté il y a une année. Elle concerne des éléments de combustible irradiés de la centrale de Gösgen. Des mesures de sécurité accrues pendant le dépôt intermédiaire et le transport des éléments ont été nécessaires, car l'utilisation plus intense du combustible n'a pas seulement des avantages économiques : elle élève la concentration des produits de fission et conduit à une radioactivité plus importante.

L'examen des barres de combustible irradiées a lieu au sein du Hot-Labor du PSI. Il comprend des contrôles visuels, des photographies de la surface des barres et la mesure des déformations éventuelles subies. Des analyses physiques et chimiques lui succèdent afin de déterminer la composition isotopique d'un certain nombre de pastilles de combustible ; après dissolution du matériau, l'analyse porte sur 17 actinides différents et sur plus de 26 produits de fission. Des tests de réactivité, par segments de 40 cm de longueur, sont ensuite effectués sur les éléments de combustible dans PROTEUS tout en respectant les conditions

rencontrées dans les réacteurs de puissance. Les résultats sont finalement comparés à ceux d'une série de barres de référence et d'étalonnage. Cette deuxième phase du projet LWR-PROTEUS a pour but de constituer une base de données relative à la physique des hautes expositions, de manière à réduire considérablement les incertitudes dans les calculs de gestion du combustible.

D'autres phases du projet sont en préparation

Le programme des recherches effectuées dans PROTEUS prévoit d'autres étapes déterminantes. Selon le plan établi pour la troisième phase, des expériences auront lieu avec des combustibles améliorés et des éléments de combustible disposés de façon nouvelle, comme on l'envisage à moyen ter-



Répartition hétérogène typique de la puissance dans l'élément de combustible SVEA-96+ central. La comparaison des valeurs mesurées et des valeurs calculées à l'aide du logiciel CASMO-4 montre que l'accord est bon (écart quadratique moyen 1,1%, écarts max. 2,5% et -3,0% respectivement)

me dans les réacteurs suisses à eau légère. On étudie par exemple de nouveaux concepts d'utilisation du plutonium dans ce type de réacteur. Il s'agirait de "brûler" le plutonium existant en le plaçant dans des barres sans uranium, ce qui éviterait la formation de nouveau plutonium. L'Institut Paul Scherrer développe des barres de combustible exemptes d'uranium (*Inert Matrix Fuel* ; voir ENET-NEWS de décembre 2001). Les expériences futures à réaliser ont également un lien direct avec les possibilités de formation offertes aux candidats au diplôme et au doctorat.

Liens Internet

Les recherches pluridisciplinaires de l'Institut Paul Scherrer.
<http://www.psi.ch>

Secteur de recherche Énergie nucléaire et sûreté (NES)
<http://nes.web.psi.ch>

Laboratoire de physique des réacteurs et du comportement des systèmes
<http://lrs.web.psi.ch>

Aperçu du programme de recherche PROTEUS
<http://proteus.web.psi.ch>

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

Stockage chimique d'énergie

IEA Agreement of the production and utilization of hydrogen, Annual report 2000; Elam Carolyn C.; 12.2000, EN; 97 p.; F&E; Sfr. - Nr. 200298

Task 12: Metal Hydrides and Carbon for Hydrogen Storage, IEA Final Task Report; Sandrock Gary; 12.2001, EN; 132 p.; F&E; Sfr. - Nr. 210230

Bâtiments

Solargebäude – Strategien und Erfahrungen des energieoptimierten Bauens, Jahresbericht; Kaiser Y.; 12.2000, DE; 2 S.; F&E; Sfr. - Nr. 200316

Wärmelasten transparenter Bauteile und Sonnenschutzsysteme, Bericht; Simmler H.; Binder B.; Vonbank R.; 12.2000, DE; 69 S.; F&E; Sfr. 30.00 Nr. 200317

Luftkanal-Wärmetauscher, Schlussbericht; Huber H.; Helfenfinger D.; Manz H.; Hochschule für Technik+Architektur; 09.2000, DE; 35 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 200318

Temperatur- und Feuchteübertragungsverhalten von Wärmerückgewinnern im Teillastbetrieb, Schlussbericht; Furter R.; Keller P.; Hochschule für Technik + Architektur; 12.2000, DE; 25 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 200319

Solargebäude – Strategien und Erfahrungen des energieoptimierten Bauens, Jahresbericht; Kaiser Y.; Büro SonnenArchitektur; 12.2000, DE; 2 S.; F&E; Sfr. - Nr. 200320

Messprojekt „Mehrfamilien-Passivhaus mit solarem Luftsystem“, Jahresbericht; Gütermann Andreas; Amena AG; 12.2000, DE; 8 S.; F&E; Sfr. - Nr. 200321

Praxisnahe Validierung von Simulationsprogrammen, Jahresbericht; Zweifel Gerhard; Achermann Matthias; Hochschule für Technik+Architektur; 12.2001, DE; 6 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210281

Daylighting Buildings in the 21st Century; IEA Solar Task 31, Rapport annuel; Morel Nicolas; Scartezzini Jean-Louis; EPFL/LESO-PB; 12.2001, FR; 4 p.; F&E; Sfr. - Nr. 210283

SOLURBAN, Optimisation du potentiel d'utilisation de l'énergie solaire en milieu urbain, Rapport annuel; Scartezzini Jean-Louis; Compagnon Raphaël; EPFL/LESO-PB; 12.2001, FR; F&E; Sfr. - Nr. 210284

Integration von kombinierten PV- und thermischen Kollektoren in Gebäudesystemen, Jahresbericht; Kropf Sven; ETH - Institut für Hochbautechnik; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210285

MINERGIE und Passivhaus: Zwei Gebäudestandards im Vergleich, Jahresbericht; Binz A.; Haas A.; Viridén K.; Althaus H.; Moosmann A.; Wydler J.; Fachhochschule beider Basel; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210286

MINERGIE und Passivhaus: Zwei Gebäudestandards im Vergleich, Schlussbericht; Binz A.; Moosmann A.; Viridén K.; Wydler J.; Haas A.; Althaus H.-J.; Fachhochschule beider Basel; 03.2002, DE; 129 S.; F&E; Sfr. 50.00 Nr. 210024

Développement d'une méthode de planification pour optimiser l'utilisation de l'énergie solaire dans les bâtiments (Optimisation of solar energy use in large non residential buildings IEA SHC Task 23), Rapport annuel; Jaboyedoff Pierre; Sutter Werner; Sorane SA; 12.2001, FR; 5 p.; F&E; Sfr. - Nr. 210287

Planungsrichtlinie für solare Luftheizsysteme, Jahresbericht; Filleux Charles; Gütermann Andreas; Basler & Hofmann AG, Ingenieure; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210288

Ecoinvent 2000 Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme, Jahresbericht; Dones Roberto et. al.; Paul Scherrer Institut (PSI); 12.2001, DE; 6 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210289

Ecoinvent 2000 Überarbeitung und Ergänzung der Ökoinventare für Energiesysteme; Technische Ergänzungen zum Jahresbericht 2001, Jahresbericht; Dones R.; Gantner U.; Heck T.; Faist M.; Frischknecht R.; Jungbluth N.; Bauer C.; Burger B.; Schmocker A.; Paul Scherrer Institut (PSI); 12.2001, DE; 29 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210290

Ökologische Optimierung von Solargebäuden über deren Lebenszyklus, Jahresbericht; Filleux Charles; Fotsch Pascal; Lailve d'Epinau Annick; Basler & Hofmann AG, Ingenieure; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210291

Einblasdämmstoff aus Faserhanf und Grasfasern, Jahresbericht; Hersener J.-L.; Keller A.; Eidg. Forschungsanstalt (FAT); 12.2001, DE; 8 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210292

High Performance Thermal Insulation in Buildings (IEA ECBCS Annex 39 – Vorphase), Jahresbericht; Erb M.; Eicher Hp.; Binz A.; Dr. Eicher + Pauli AG; 12.2001, DE; 6 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210293

Vakuum-Dämmsysteme im Baubereich: Basisprojekt Systeme und Applikationen, Jahresbericht; Binz A.; Eicher H.; Moosmann A.; Erb M.; Nussbaumer B.; Fachhochschule beider Basel; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210294

Messung und Simulation von transparenten Bauteilen mit Sonnenschutz, Jahresbericht; Simmler Hans; EMPA Abt. 176; 12.2001, DE; 7 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210295

Messung und Beurteilung der Luftdichtigkeit von Niedrigenergiehäusern, Jahresbericht; Tanner Christoph; EMPA; 12.2001, DE; 2 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210296

Wärmebrückenatlas WBB 2000 (Hauptprojekt), Jahresbericht; Kersten Thorsten; Schmidli Walter; Infomind GmbH; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210297

Richtlinie für Gebäude mit hohem Glasanteil, Jahresbericht; Baumgartner Thomas; Brühwiler Daniel; Brunner Conrad U.; Frank Thomas; Steinemann Urs; Schneiter Paul; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210298

Herstellung hochisolierender Keramik-Dämmstoffe, Schlussbericht Vorstudie; Damani M.; EMPA; 01.2001, DE; 21 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210299

Commissioning of Building HVAC Systems for Improvement of Energy Performance, Jahresbericht; Chuard J.-M.; Enerconom AG; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210300

Demonbat, Jahresbericht; Krauss Jens; Centre Suisse d'Electronique; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210301

ATEMAC – Application des Traceurs Passifs pour l'Étude des Mouvements d'Air et de Contaminants, Rapport final; Roulet Claude-Alain; EPFL/LESO-PB; 12.2001, FR; 11 p.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210302

Einzelraumlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung, Zusammenfassung des Schlussberichts; Manz H.; EMPA; 01.2001, DE; 13 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210303

Low Energy Housing in Ticino, Annual Report; Pahud Daniel; Generelli Milton; Velti Aldo; Laboratorio di energia (LEEE); 12.2001, EN; F&E; Sfr. - Nr. 210304

Planungsrichtlinie für solare Luftheizsysteme, Jahresbericht; Filleux Charles; Gütermann Andreas; Basler & Hofmann AG, Ingenieure; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210310

Thermisch optimierte Unterkonstruktionen für hinterlüftete Fassaden, Bericht der Wettbewerbsjury; Binz Armin; Hofer Peter; Nützi Hans-Peter; Schneiter Paul; Zimmermann Mark; Fachhochschule beider Basel; 01.2001, DE; 23 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 210311

Ein- und Ausgabeprogramm für Berechnung des jährlichen Energiebedarfs von Lüftungstechnischen Anlagen gemäss SWKI-Richtlinie 95-3, Studie; SWKI; Exacon; HTA Luzern; 12.2001, DE; 41 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 210312

Projekt Sunny Woods: ein Null-Heizenergiehaus am Stadtrand von Zürich, Jahresbericht; Naef René; Kämpfen Beat; Naef Energietechnik; 12.2001 DE; 6 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210305

Combustion

Forschungsprogramm Feuerung und Verbrennung, Jahresbericht 1992 der Forschungsprojekte; Hintermann A.; 08.1993, DE; 152 S.; F&E; Sfr. 60.00 Nr. 200291

Fondements de l'économie énergétique

Energieperspektiven Teil Verkehr, Szenario IV, Schlussbericht; Infrac; Prognos AG; 05.1997, DE; 35 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 200292

Biomasse

Test of different biomass into the IISc open top co-current gasifier, Giordano P.; Hasler P.; Dasappa S.; Xylowatt SA; 12.2001, EN; 36 p.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 210216

Partikelemissionen aus Holzfeuerungen; Untersuchung der Partikelfrachten in Holzfeuerungsabgasen unter Praxisbedingungen, Feldmesskampagne; Wieser Ueli; Gaegauf Christian; Macquat Yves; Oekozentrum Langenbruck; 07.2001, DE; 32 S.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 210221

Herstellung und Eigenschaften von Holzpellets als Brennstoff, Jahresbericht; Nussbaumer Thomas; Ing. Büro Verenum; 12.2001, DE; 6 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210231

Grundlagen der Aerosolbildung bei Holzfeuerung, Jahresbericht; Oser Michael; Ing. Büro Verenum; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210233

Partikelemissionen aus Holzfeuerungen, Jahresbericht; Gaegauf Christian; Wieser Ulrich; Macquat Yves; Oekozentrum Langenbruck; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210234

Auslegungsgrundlagen für Holzfeuerungen, Jahresbericht; Nussbaumer Thomas; ETH Institut für Energietechnik; 12.2001, DE; 1 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210235

Auslegung und Optimierung von Holz-Speicheröfen für Einzelraum- und Ganzhausheizungen, Jahresbericht; Gaegauf Christian; Huber Heinrich; Chiquet Claude; Oekozentrum Langenbruck; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210236

Entwicklung neuartiger Holz-Hybridheizsysteme, Jahresbericht; Huber Heinrich; Meierhans Daniel; Hochschule für Technik+Architektur; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210237

IEA Task 33, Thermal Gasification of Biomass, Jahresbericht; Bühler Ruedi; Umwelt und Energie; 12.2001, DE; 6 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210239

Teer- und Partikelmessung gemäss Tar Protocol, Jahresbericht; Nussbaumer Thomas; Ing. Büro Verenum; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210240

Erstellen einer Kondensationsanlage an der Holzfeuerung Wärmeverbund Schwanden, Jahresbericht; Bertozzi L.; Baumgartner H.; Gemeinde Schwanden; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210249

Öko-Siedlung Melchrüti Wohnpark Balance Wallisellen, Jahresbericht; Naef René; Huber Arthur; Naef Energietechnik; 12.2001, DE; 10 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210307

Energetische Sanierung einer grossen Wohnsiedlung Baugenossenschaft Waidmatt, Zürich, Jahresbericht; Hässig Werner; Basler & Hofmann AG; Ingenieure; 12.2001, DE; 3 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210308

Integration einer konvektiven Fassade in ein Heimatschutzobjekt, Jahresbericht; Gütermann Andreas; Amena AG; 12.2001, DE; 7 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210309

Couplage chaleur-force (CCF)

Rechenumgebung im Energiebereich; Organisation und Durchführung eines Workshops sowie Formulieren der Anforderungen an die Rechenumgebung, Bericht; Duppenhaler A.; Kohler T.; Byron Informatik AG; 12.1994, DE; 97 S.; F&E; Sfr. 40.00 Nr. 200294

Énergie éolienne

La prise en compte de l'énergie éolienne dans les plans directeurs et les plans d'affectation, Rapport final; Soguel R.; Henz H.R.; Metron AG; 12.2001, FR; 65 p.; F&E; Sfr. 20.00 Nr. 210218

Optimierung eines Gleichstromvergasers im industriellen Massstab für die Vergasung von feuchten Holzschnitzen und Altholz und Entwicklung der trockenen Gasreinigung, Jahresbericht; Meyer B.; Mörgeli R.; Gürber H.; PYROFORCE Energietechnik AG; 12.2001, DE; 8 S.; F&E; Sfr. - Nr. 210250

Biomasse Aktivitäten und Projekte 2001, Überblicksbericht und Jahresbericht 2001 der Programmleiter; Binggeli Daniel; Rügsegger Martin et al; 02.2002, DE, EN, FR; 280 S.; F&E; Sfr. 30.00 Nr. 220012

Biomasse Aktivitäten und Projekte 2001, Jahresbericht; Binggeli Daniel; Rügsegger Martin; 02.2002, DE; 14 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 220013

Entwicklung neuartiger Holz-Hybridheizsysteme; Speicheröfen mit Wasserabsorber, Schlussbericht; Frei Beat; Huber Heinrich; Kropf Sven; Macquat Yves; Gaegauf Christian; Hochschule für Technik+Architektur; 03.2002, DE; 25 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 220014

Betriebsverhalten und Optimierung einer Holzfeuerung mit Abgaskondensation, Schlussbericht; Good Jürgen; Neuenschwander Peter; Nussbaumer Thomas; 06.1998, DE; 41 S.; F&E; Sfr. 15.00 Nr. 200323

Pilot- und Demonstrationsobjekt EFH Jurt in Hünenberg; Erfahrungen, Energiebilanz, Betriebscharakteristik und Komfort, Schlussbericht; Huber Heinrich; Meierhans Daniel; Hochschule für Technik+Architektur; 11.2001, DE; 47 S.; P&D; Sfr. 20.00 Nr. 210217

Apollo II; Thermische Nutzung von Hühnermist, Phase II, Schlussbericht; Salerno B.; Hersener J.-L.; Dinkel F.; Schneuwly Oskar; 12.2001, DE; 36 S.; P&D; Sfr. 20.00 Nr. 210222

Ökobilanz für die Stromerzeugung aus Holzbrennstoffen und Altholz, Jahresbericht; Faist Mireille; Frischknecht Rolf; Jungbluth Niels; ESU-service; 12.2001, DE; 10 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210263

Luftheizung mit Holzöfen bei einer EFH-Sanierung, Jahresbericht; Meierhans Daniel; Huber Heinrich; Hochschule für Technik+Architektur; 12.2001, DE; 4 S.; P&D; Sfr. - Nr. 210264

Biomasse (sans le bois)

Kompaktbiogasanlagen in der Landwirtschaft (Betriebsauswertung während einem Jahr), Schlussbericht; Böhni Thomas; 10.1999, DE; 34 S.; F&E; Sfr. 20.00
Nr. 200293

Pflanzenöl als Treibstoff in einem PKW; Erfahrungsbericht (Phasen 1 und 2), Schlussbericht; Böhni Thomas; Energie & Umwelt; 11.1999, DE; 22 S.; F&E; Sfr. 15.00
Nr. 200297

Startphase Ökostromvermarktung; Vermarktungskonzept für Ökostrom aus 10 landwirtschaftlichen Biogasanlagen, Schlussbericht; Böhni Thomas; Energie & Umwelt; 12.2001, DE; 16 S.; F&E; Sfr. 15.00
Nr. 210228

Kompakt-Biogasanlagen 1, 2, 3 und 4; Zusammenfassung und Betriebsauswertung der Anlagen: J. Schmid, R. Grossenbacher, F. Grass und G. Martin, Schlussbericht; Böhni Thomas; Energie & Umwelt; 12.2001, DE; 22 S.; F&E; Sfr. 15.00
Nr. 210229

International Energy Agency (IEA) BioenergyTask 32: Biomass Combustion and Cofiring, Jahresbericht; Nussbaumer Thomas; Ing. Büro Verenum; 12.2001, DE; 6 S.; F&E; Sfr. -
Nr. 210238

Valorisation énergétique (biogaz) d'huiles comestibles usagées par codigestion avec différents déchets d'origine agroalimentaire, Jahresbericht; Membrez Yves; Fruteau de Laclous Hélène; EREP SA; 12.2001, FR; 5 p.; F&E; Sfr. -
Nr. 210241

Ökobilanz der Stromgewinnung aus landwirtschaftlichem Biogas, Jahresbericht; Edelmann Werner; Baier Urs; Engeli Hans; Schleiss Konrad; Arbi Bioenergie GmbH; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; Sfr. -
Nr. 210242

Ökobilanz Klärgasverstromung, Jahresbericht; Müller Ernst A.; Kobel Beat; Kernen Martin; 12.2001, DE; 5 S.; F&E; Sfr. -
Nr. 210243

Mandat EU Centre Information Biogaz, Rapport annuel; Membrez Yves; Fruteau de Laclous Hélène; EREP SA; 12.2001, FR; 4 p.; F&E; Sfr. -
Nr. 210244

Gemisch-Aufbereitung im Brennraum pflanzenölbetriebener direkt eingespritzter Dieselmotoren „System Mahler“, Jahresbericht; Schlachter W.; Burkart Jürg; Fachhochschule Aarau; 12.2001, DE; 8 S.; F&E; Sfr. -
Nr. 210245

Pflanzenöleinsatz im schnelllaufenden, direkteingespritzten PKW-Dieselmotor, Jahresbericht; Meyer Martin; Hochschule für Landwirtschaft; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; Sfr. -
Nr. 210246

Rationelle Energieanwendung in der Landwirtschaft, Jahresbericht; Hersener J.-L.; Meier U.; 12.2001, DE; 4 S.; F&E; Sfr. -
Nr. 210247

Perkolationsanlage zur Aufbereitung von Grünabfällen, Jahresbericht; Widmer Ch.; Wellinger A.; Schober G.; AFAG-Engineering GmbH; 12.2001, DE; 10 S.; F&E; Sfr. -
Nr. 210252

Startphase Ökostromvermarktung, Jahresbericht; Böhni Thomas; Energie & Umwelt; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; Sfr. -
Nr. 210257

Ecobilan de la production d'électricité à partir du gaz de STEP, Rapport annuel; Müller Ernst A.; Kobel Beat; Kernen Martin; 12.2001, FR; 4 p.; F&E; Sfr. -
Nr. 210262

Messprojekt Biogas-BHKW; Messkampagne an 2 neuen BHKW-Typen (Zündstrahlgeräte mit Turbolader und Luftkühlung), Schlussbericht; Böhni Thomas; Raum- & Umweltplanung; 07.1999, DE; 15 S.; P&D; Sfr. 15.00
Nr. 200296

Mikroturbine in Biogasanlage; Test der Alltagstauglichkeit, Jahresbericht; Widenhorn Markus; Würgler Daniel; ABB Energie Services Schweiz; 12.2001, DE; 8 S.; P&D; Sfr. -
Nr. 210253

Fleischverarbeitung in der Schweiz, Jahresbericht; Scheurer Karin; Baier Urs; Hochschule Wädenswil; 12.2001, DE; 4 S.; P&D; Sfr. -
Nr. 210248

BIOENERGIE SCHAFFHAUSEN Biogas, Protein und Fasern aus Gras; P&D-Anlage in Schaffhausen, Jahresbericht; Müller Peter H.; Widmer Fritz; Bioenergie Schaffhausen AG; 12.2001, DE; 9 S.; P&D; Sfr. -
Nr. 210251

Bilan énergétique et avant-projet d'installation de biogaz pour la fromagerie bettex – 1487 Champtauvoz, Rapport annuel; Membrez Yves; EREP SA; 12.2001, FR; 4 p.; P&D; Sfr. -
Nr. 210255

Kompakt-Biogasanlage 5, 6, 7+8 Zusammenfassung und Betriebsauswertung der Anlagen: J. Kilchmann, J. Ott, M. Eugster und M. Bigler, Jahresbericht; Böhni Thomas; Ott Josef; 12.2001, DE; 4 S.; P&D; Sfr. -
Nr. 210256

Biogasanlage für die Vergärung von Destillationsrückständen in Kombination mit der Abwasserreinigung, Jahresbericht; Vetter Helmut; Voigtländer Anja; Colenco-HOLINGER AG; 12.2001, DE; 10 S.; P&D; Sfr. -
Nr. 210258

Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle Co-Vergärungsanlage E. Flachs-mann AG, Jahresbericht; Weisskopf Thomas; Eugster Christian; Colombi Renato; Chaloupka Johann; Weisskopf Partner GmbH; 12.2001, DE; 8 S.; P&D; Sfr. -
Nr. 210259

Vergärung von Biomasse: Auswirkungen auf die Abfallwirtschaft des Kantons Tessin, Jahresbericht; Beltrani Guido; Angele Hans-Christian; Schelske Oliver; Cavigelli Marc; BiomassEnergy; 12.2001, DE; 8 S.; P&D; Sfr. -
Nr. 210260

Biogas Verwertung aus der Lagergrube Anlage Wartmann Bissegg, Jahresbericht; Wartmann Otto; Engeli Hans; 12.2001, DE; 3 S.; P&D; Sfr. -
Nr. 210261

Fusion nucléaire

Coopération internationale dans le domaine de la recherche en fusion thermonucléaire contrôlée, Rapport XXIV; Conscience Jean-François; 12.2001, FR; 16 p.; F&E; Sfr. -
Nr. 210219

Géothermie

IEA – Hot Dry Rock; Teilnahme am GIA – Geothermal Implementing Agreement der IEA (Annex III, Hot Dry Rock, sowie Aufgaben des Chairman of the Executive Committee), Jahresbericht; Hopkirk Robert J.; 12.2001, EN; 80 p.; F&E; Sfr. 40.00
Nr. 210220

Rejets de chaleur

Abwärmenutzung Lebensmittelkühlung Fenaco, Zollikofen, Schlussbericht; Roschi M.; Wirz A.; Haberthür M.; Fenaco; 11.2001, DE; 12 S.; F&E; Sfr. 15.00
Nr. 210279

Langzeiteffekt von Mehrfach-Erdwärmesonden, Schlussbericht; Pahud D.; Brenni R.; Mégel T.; Laboratorio di energia (LEEE); 03.2002, DE, EN; 58 S.; F&E; Sfr. 30.00
Nr. 220005

Électricité

A New Methodology for Establishing a System for Cross-Border Transmission Tariffication in the Internal Electricity Market, Schlussbericht; Glavitsch Hans; Andersson Göran; 12.2001, DE; 9 S.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 210224

„Standby-Verbrauch“ von Dienstleistungsgebäuden; Verbrauchsmessungen an 32 Objekten, Schlussbericht; Menti Urs-Peter; Amstein + Walther Consulting; 09.1999, DE; 41 S.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 200322

Chaleur solaire

Solar actif: chaleur et stockage de chaleur / Solarwärme und Wärmespeicherung; Activités et projets en 2001, Synthèse et rapport annuel des mandataires; Hadorn Jean-Christophe; Planair; Hadorn Consulting; 12.2001, DE, FR; 169 S.; F&E; SFr. 60.00
Nr. 210272

Nachhaltige Solar-Wohnbauten; IEA SHC 28, S.Schlussbericht; Hastings Robert S.; 12.2001, DE; 7 S.; F&E; SFr. -
Nr. 210282

Small Hybrid Solar Power System, Artikel Ecos'01 July 4-6, 2001 Istanbul; Kane M.; Larrain D.; Favrat D.; Allani Y.; EPFL/DME/LENI; 07.2001, EN; 8 p.; F&E; SFr. 10.00
Nr. 210223

Small Hybrid Solar Power System: First Field Test Results, Artikel HEFAT 2002, 1st International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics 8–10 April 2002, Kruger Park, South Africa; Martin Samuel; Kane Malick; Favrat Daniel; EPFL/DME/LENI; 04.2002, EN; 7 p.; F&E; SFr. 10.00
Nr. 220003

Advanced Control Strategy for Solar Combisystems, Artikel; Prud'homme T.; Gillet D.; Ecole d'ingénieurs de l'Etat de Vaud (EIVD); 02.2002, EN; 0.75; F&E; SFr. -
Nr. 220009

Transfert de technologie / Systèmes

ENET-NEWS Nr. 51 deutsch, ENET; 04.2002, DE; 40 S.; F&E; SFr. -
Nr. 220010

ENET-NEWS No 51 français, ENET; 04.2002, FR; 40 p.; F&E; SFr. -
Nr. 220011

Potenziale der Nanotechnologien für Anwendungen im Energiebereich; Moeckli Marc; Höhener Karl; 05.2002, DE; 5 S.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 220026

Photovoltaïque

17th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition Munich 22. – 26.10.2001, Tagungsunterlagen; NET Nowak Energie & Technologie AG; Université de Fribourg; 01.2002, DE; 59 S.; F&E; SFr. -
Nr. 220019

GRS-Garantierte Resultate von Solarstromanlagen; GRS-Guarantee of Results for Grid-Connected Solar Photovoltaic-Systems, Schlussbericht PV; Meier Christian; Frei Roland; 12.2001, DE, EN; 49 S.; P&D; SFr. 20.00
Nr. 210225

GRS-Mustervertrag; Vertragsentwurf über die Garantie des Energieertrags einer Solarstromanlage, Anhang zu Schlussbericht PV; Meier Christian; Frei Roland; 12.2001, DE; 15 S.; P&D; SFr. 10.00
Nr. 210226

HORIZsolar II; Validierung, Verbesserung und Anpassung des Horizont-aufnahme-Produktes zur Praxistauglichkeit, Schlussbericht; Frei Roland; Meier Christian; energie büro; 01.2002, DE; 45 S.; P&D; SFr. 20.00
Nr. 220020

Machbarkeitsstudie Photovoltaik-Anlage Stadion Wankdorf, Schlussbericht; Hostettler Th.; Ing. Büro Hostettler; 04.2002, DE; 25 S.; P&D; SFr. 15.00
Nr. 220021

Stockage thermique

Programme „Solaire actif – Chaleur et Stockage de chaleur“; Activités et projets en 2001, Rapport annuel; Hadorn Jean-Christophe; 01.2002, FR; 17 p.; F&E; SFr. 15.00
Nr. 220022

Etude pilote pour le stockage diffusif des bâtiments du centre D4 de la suva a Root, Lucerne; Analyse de 2 tests de réponse géothermique et intégration du stockage diffusif dans le système, Rapport final; Pahud D.; EPFL/DGC/LASEN; 12.2001, FR; 71 p.; P&D; SFr. 30.00
Nr. 210227

Chaleur ambiante

Le Vieux Manoir: Des machines de froid comme pompes à chaleur dans l'exploitation d'un hôtel, Rapport final; Huber R.; KWT Kälte-Wärme-Technik AG; 07.2000, FR; 14 p.; P&D; SFr. 15.00
Nr. 200308

Gasmotor-Wärmepumpe auf Aare-Wasser in Hinterkappelen/BE; Langfristige Erfolgskontrolle, Periode 1999–2000, Schlussbericht; Hämman Fritz; 12.2001, DE; 13 S.; P&D; SFr. 15.00
Nr. 210278

Production de chaleur et de froid avec des pompes à chaleur et des sondes géothermiques dans le Restaurant Grauholz vers Berne, Rapport final; Huber R.; Institut Bau und Energie AG; 11.2000, FR; 24 p.; P&D; SFr. 15.00
Nr. 200309

Piles à combustible

Pilot-Anlage Biogas – Hexis, Jahresbericht; Jenne Markus; Riggensbach Susanne; Membrez Yves; Van Herle Jan; Sulzer HEXIS AG; 12.2001, DE; 11 S.; P&D; SFr. 15.00
Nr. 210254

Verfahren zur Bereitstellung von „PEFC-grade“ Wasserstoff für tragbare Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzellen, Bericht; Bossel Ulf; 06.1998, DE; 38 S.; F&E; SFr. 20.00
Nr. 200295

Formulaire de commande des publications et services d'ENET

N° des publications	Titre	Nombre

ENET offre des services spéciaux aux entreprises

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

Société, organisation: _____

Nom: _____ Prénom: _____

Adresse: _____

NPA: _____ Lieu: _____

Téléphone: _____ Téléfax: _____

E-mail: _____

ENET

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

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

