

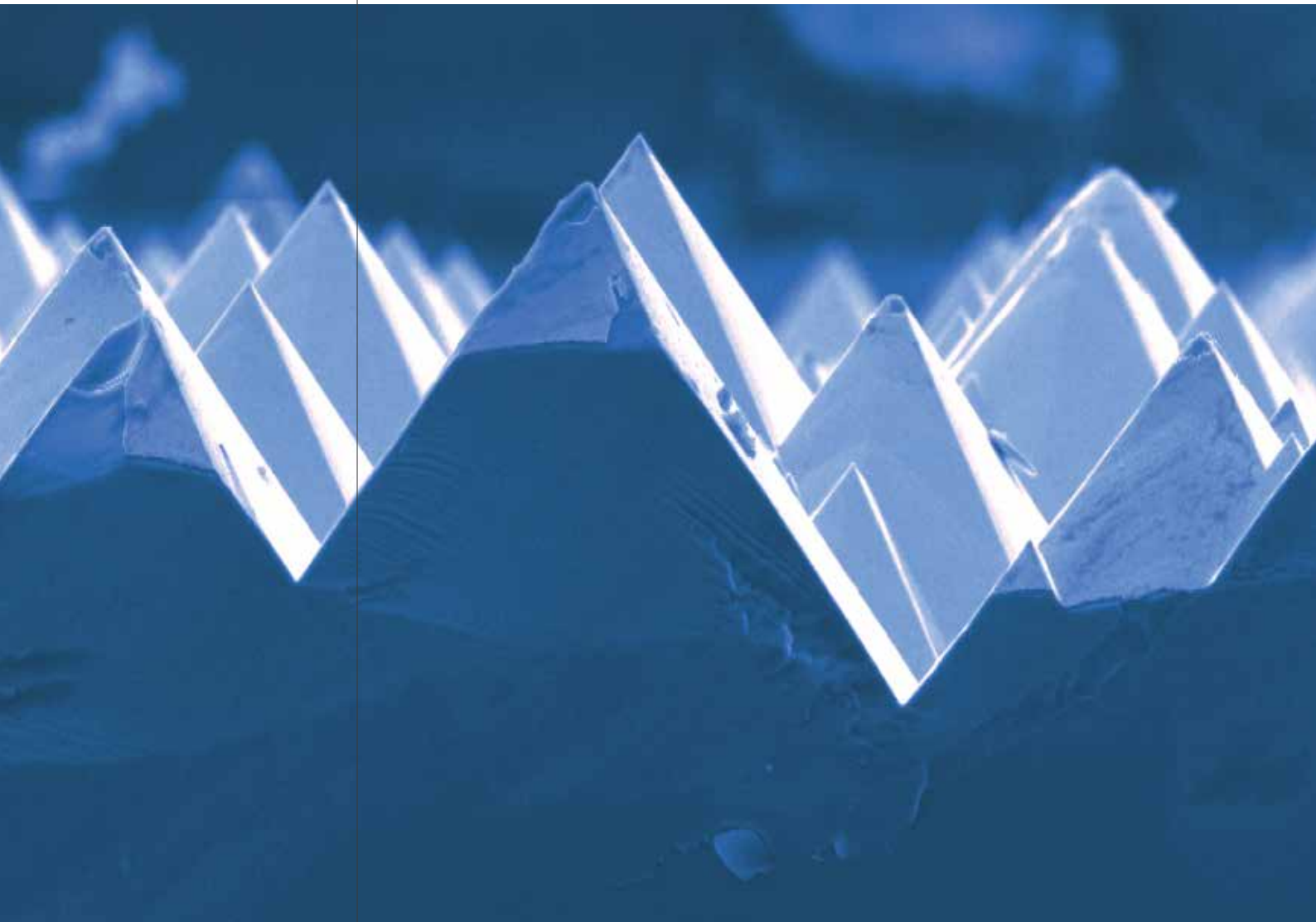


Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'énergie OFEN

Recherche énergétique et innovation

Rapport 2013



« L'Office fédéral de l'énergie nous a permis d'avoir une continuité dans le développement de nouvelles technologies photovoltaïques, tout au long de la chaîne de valeur. Grâce à ce soutien, nous avons pu créer de nombreux partenariats avec des industries suisses et internationales. »

Prof. Dr. Christophe Ballif, directeur du laboratoire photovoltaïque à l'IMT Neuchâtel (EPFL) et directeur du PV-Center au CSEM.





ÉDITORIAL

Avec la « Stratégie énergétique 2050 », la Confédération fixe les conditions-cadres pour un approvisionnement énergétique sûr, économiquement optimal et respectueux de l'environnement. A cette fin, il s'agit entre autres de renforcer l'efficacité énergétique et d'augmenter la part des énergies renouvelables. Une recherche énergétique novatrice et de haute qualité est une clé importante pour atteindre cet objectif.

C'est précisément dans le domaine des technologies énergétiques que les développements prennent souvent beaucoup de temps et la mise en œuvre de nouveaux produits sur le marché demande parfois plusieurs décennies. En Suisse, l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) joue en l'occurrence un rôle essentiel, du soutien pour la mise en place de compétences dans les domaines les plus variés des technologies énergétiques, en passant par la coordination de différents partenaires pour plus de vingt programmes de recherche énergétique, jusqu'au soutien de projets de recherche, de projets pilotes et de démonstration et de projets phares.

La présente brochure montre une sélection de thématiques et de projets soutenus par l'OFEN qui ont donné des résultats remarquables au cours de l'année écoulée.



Dr. Walter Steinmann
Directeur

CONTENUE

Recherche énergétique en Suisse	3
---------------------------------------	---

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Ne pas craindre des accus déchargés.....	5
Inspiration pour l'assainissement des bâtiments.....	7
Sur les traces de molécules importantes pour la combustion	9
Stockage d'énergie pour stabiliser le réseau	11
Nouveau routeur 2 watts : 80 % plus efficace.....	11
Utiliser des rejets thermiques chargés de poussière.....	11

ÉNERGIES RENOUVELABLES

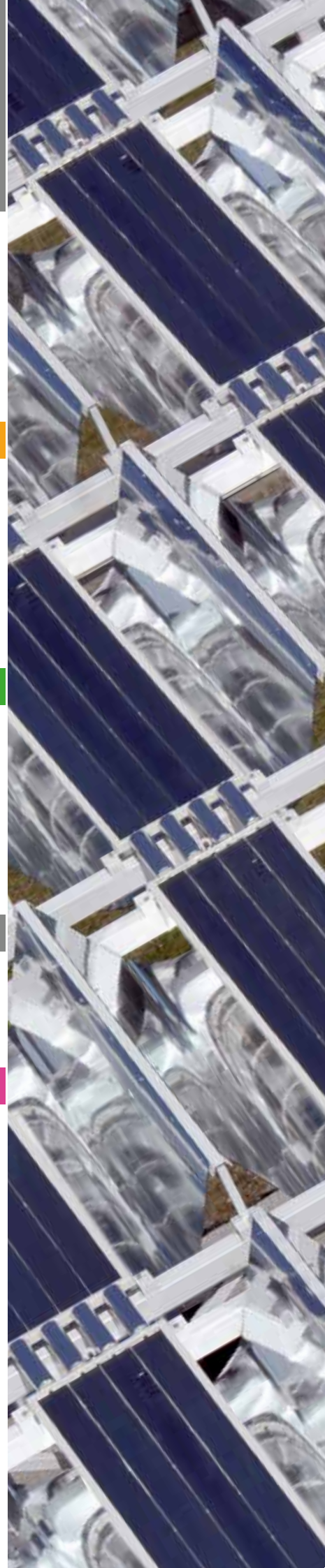
Technologie solaire exportée du Tessin	13
Quand la glace échauffe les esprits du secteur énergétique	15
Envasement des réservoirs hydroélectriques.....	17
Fuites dans les installations au biogaz.....	19
Des légumes grâce à la géothermie.....	19
Cellule PV en couches minces de rendement élevée	19

ÉNERGIE, ÉCONOMIE, SOCIÉTÉ

Comment l'information influence-t-elle la consommation électrique ?	21
--	----

ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Déchets radioactifs et participation régionale	23
Miroirs pour le réacteur de fusion ITER	24
Faits et chiffres.....	26
Collaboration internationales	28

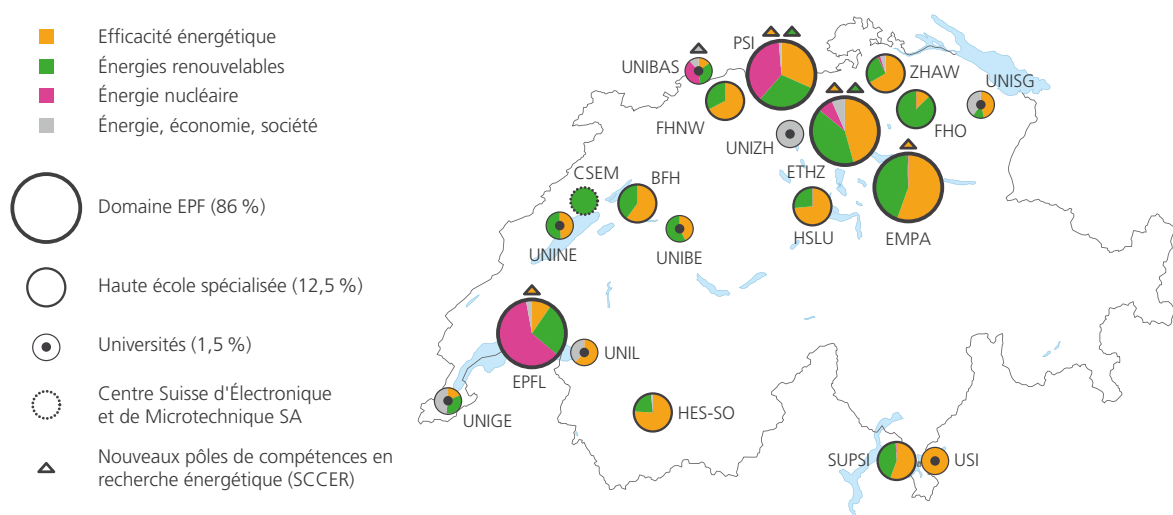


RECHERCHE ÉNERGÉTIQUE EN SUISSE

L'innovation est un facteur essentiel pour la compétitivité d'une économie nationale. Le classement exceptionnel de la Suisse dans les comparaisons internationales apporte régulièrement la preuve que notre pays joue dans une ligue supérieure. En 2014, la Suisse est à nouveau en tête des nations européennes les plus novatrices, comme le montre l'édition 2013 de l'« Innovation Union Scoreboard ». Au niveau international également, elle occupe la première place du « Global Innovation Index ». La clé de l'innovation réside dans la recherche à la base de toutes les nouvelles connaissances ou idées, qui génèrent des produits innovants et concurrentiels.

Pour consolider sa position de leader, la Suisse doit continuellement vérifier ses performances en matière de recherche, identifier les lacunes existantes et, le cas échéant, augmenter ses capacités de recherche. Suite à la décision de sortir du nucléaire prise par le Conseil fédéral et le Parlement, cela vaut avant tout pour la recherche énergétique. Après l'événement survenu

à Fukushima, le Conseil fédéral a analysé le paysage suisse de la recherche et fait établir un plan d'action pour la recherche énergétique. Durant la législature 2013–2016, un fort développement des capacités de recherche doit être mené dans le cadre de sept nouveaux centres de compétences et dans les écoles polytechniques fédérales. Chaque année, environ 12 millions de francs sont mis à disposition pour encourager la transformation d'idées de recherche prometteuses en prestations et produits concurrentiels et innovants, tandis que les fonds de l'Office fédéral de l'énergie de quelque 5 millions de francs par an pour les projets pilotes et de démonstration sont portés à 30 millions. D'autre part, de nouveaux Programmes nationaux de recherche (PNR) d'un volume de soutien de 45 millions de francs sur cinq ans sont consacrés au thème de l'énergie. Après le recul continu des dépenses des collectivités publiques pour la recherche énergétique depuis le début des années 1990, on assiste depuis 2006 à un renversement de tendance qui se poursuivra ces prochaines années. (smr)



Dépenses dans les quatre domaines de recherche «Efficacité énergétique», «Énergies renouvelables», «Énergie nucléaire» et «Énergie, économie, société» dans diverses hautes écoles suisses (données 2011). La majeure partie des activités de recherche énergétique en Suisse (86 %) se déroule dans le domaine des EPF (EPF de Zurich et de Lausanne, LFEM, PSI, IFAEPE et WSL), suivi par les Hautes écoles spécialisées (12,5 %) et les universités cantonales (1,5 %).



EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

L'efficacité énergétique revêt une grande importance pour réaliser les objectifs prévus dans la « Stratégie énergétique 2050 » de la Confédération. Le Conseil fédéral et le Parlement ont reconnu ceci : au cours des quatre prochaines années, 72 millions de francs doivent être investis pour créer sept nouveaux centres de compétences, dont quatre dans le domaine de l'efficacité énergétique. Cela renforcera principalement les

capacités de recherche en matière de réseaux, de bâtiments et d'industrie, de mobilité et de technologies de stockage. Aujourd'hui, les potentiels disponibles dans tous ces domaines sont loin d'être exploités pleinement. La recherche énergétique doit contribuer à identifier ces potentiels et à trouver des solutions techniquement réalisables et économiquement supportables pour les exploiter. (smr)





Ne pas craindre des accus déchargés

Outre les nombreux avantages des véhicules à batterie électrique (grande efficacité de la transmission, pas d'émissions locales, infrastructure adéquate pour l'électricité, etc.), les longues périodes de recharge et une plage d'autonomie limitée à cause de la faible densité énergétique des batteries posent d'énormes défis. Les petits générateurs complémentaires, communément appelés « prolongateurs d'autonomie », qui rechargent la batterie dans le véhicule, peuvent y remédier. Pour ces concepts, il existe différentes approches techniques basées sur les moteurs diesel, à allumage commandé et à pistons rotatifs ou sur les microturbines à gaz. Une alternative réside dans l'utilisation d'une pile à combustible qui transforme directement l'hydrogène comme agent énergétique chimique en courant continu pour recharger la batterie. Un concept de ce type est réalisé dans un projet suisse en cours pour doubler l'autonomie d'une petite voiture électrique grâce à un système de piles à combustible particulièrement compact.

La réduction des émissions de gaz à effet de serre liée à la mobilité individuelle représente un grand défi. L'électrification de la transmission permet d'intégrer les sources d'énergie renouvelables et ainsi de diversifier les sources d'énergie primaire. Comme accumulateurs d'énergie des batteries ou des piles à combustible alimentées à l'hydrogène peuvent s'appliquer. Les piles à combustible transforment l'énergie stockée chimiquement (hydrogène) directement en électricité, avec l'avantage que l'énergie (réservoir d'hydrogène) et la puissance (taille des piles à combustible) peuvent être modifiées indépendamment l'une de l'autre. D'autre part, pour l'utilisation des piles à combustible, il faut aussi disposer d'hydrogène comme agent énergétique, ce qui nécessite une infrastructure supplémentaire.

Alors qu'une batterie électrique suffit amplement à alimenter un petit véhicule électrique pour la

mobilité urbaine, cela s'avère plus difficile pour les plus gros véhicules et pour une plus grande autonomie. En l'occurrence, l'électromobilité est aussi possible pour les grandes voitures de tourisme avec des performances (vitesse, autonomie) comparables à celles des véhicules traditionnels, si l'on combine un plus grand système de piles à combustible (60–100 kW) avec une batterie à capacité réduite. Pour une autonomie moyenne, on peut recourir à l'hybridation d'une grande batterie avec un petit système de piles à combustible comme prolongateur d'autonomie. Si le courant électrique et l'hydrogène sont produits durablement, ces concepts recèlent un fort potentiel pour contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le trafic individuel. (obs)

[www.bfe.admin.ch/
forschungbrennstoffzellen](http://www.bfe.admin.ch/forschungbrennstoffzellen)
[www.bfe.admin.ch/
forschungwasserstoff](http://www.bfe.admin.ch/forschungwasserstoff)



L'intégration d'un système de piles à combustible alimentées à l'hydrogène dans un petit véhicule représente un énorme défi au plan mécanique et électrique.

Durant l'année 2013, l'entreprise suisse « Belenos Clean Power » a décidé de développer une nouvelle pile à combustible hydrogène / air pour l'application automobile et de garder la technologie à haut rendement hydrogène / oxygène pour des applications stationnaires. En moins d'une demi-année, une nouvelle piles à combustible hydrogène / air a été conçue, assemblée et testée avec succès en utilisant principalement des composants issus de l'industrie automobile. Deux mois plus tard, le même système de 10 kW a été entièrement intégré en tant que prolongateur d'autonomie dans une FIAT 500 de série mais à entraînement électrique. Ce véhicule « plugin-hybride » à hydrogène a réalisé un record d'autonomie de plus de 400 km avec un seul plein. Il a également été testé sur plus de 33'000 km en neuf mois, démontrant un fonctionnement sans faille de la nouvelle pile à combustible. La station de remplissage installé sur le site de Belenos à Ma-

rin, a produit tout l'hydrogène nécessaire aux tests sur route. L'intégration dans le véhicule et l'essai sur route de l'ensemble du système a reçu le soutien de l'Office fédéral de l'énergie. En outre, la Commission pour la technologie et l'innovation finance la collaboration avec l'École polytechnique fédérale de Lausanne et l'École d'ingénieurs d'Yverdon pour l'intégration d'un compresseur d'air fonctionnant à très haute vitesse. L'étape suivante consiste à identifier et rassembler des partenaires intéressés à commercialiser la pile à combustible pour des applications de niche à moyen volume.

Vu les progrès réalisés dans le domaine de la batterie et le fort potentiel de synergies avec les entreprises du Swatch Group, Belenos a décidé de ce concentrer sur le développement d'une nouvelle batterie au lithium pour satisfaire une demande déjà fortement présente.



L'amélioration thermique de l'enveloppe du bâtiment est extrêmement importante pour réduire la consommation d'énergie primaire dans les bâtiments existants.

Inspiration pour l'assainissement des bâtiments

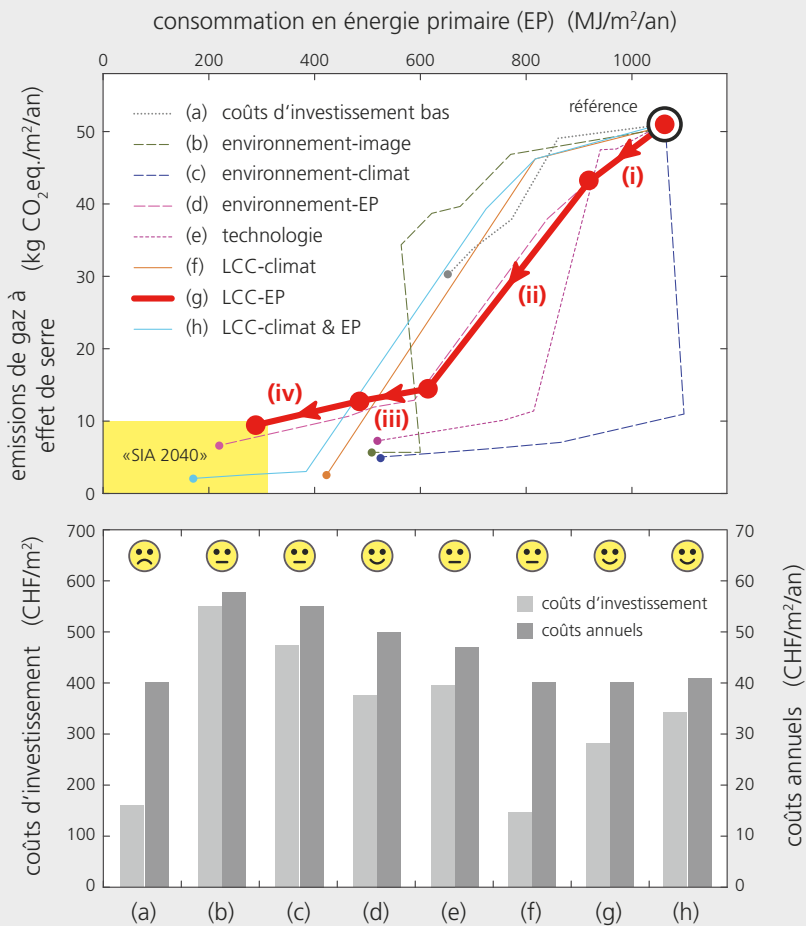
L'amélioration de l'efficacité énergétique du parc immobilier est un objectif politique déclaré. Comme deux tiers de la population suisse vivent dans des immeubles locatifs, les stratégies d'assainissement efficaces au niveau des coûts pour ce type de bâtiments revêtent une importance particulière. Ces stratégies ont été développées dans un projet actuel « INSPIRE » (Integrated strategies and policy instruments for retrofitting buildings) en collaboration internationale.

Pour le parc immobilier suisse existant, l'identification et l'évaluation des stratégies de rénovation avec des coûts optimisés sont d'une grande importance pour engendrer la plus grande réduction possible de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂. A cette fin, un type d'immeuble locatif représentatif pour la Suisse a été étudié dans le projet « INSPIRE ». Le développement d'un outil informatique éponyme permet de calculer les indicateurs énergétiques, écologiques et économiques et d'élaborer des stratégies pour la réduction des gaz à effet de serre et pour l'efficacité énergétique primaire des bâtiments. Le projet a été mené en collaboration européenne et soutenu par la Commission euro-

péenne ainsi que par différents acteurs importants de la construction durable en Suisse.

Les analyses se sont focalisées sur les immeubles locatifs de différentes périodes de construction. Compte tenu de l'importance particulière des systèmes de chauffage à combustibles fossiles dans les bâtiments actuels, le bâtiment de référence est basé sur ce système. D'autres systèmes de chauffage ont été pris en compte dans le cadre des stratégies d'assainissement. Un groupe d'experts du secteur immobilier et des collectivités publiques a défini quatre types différents de stratégies de rénovation qui prennent en compte la diversité des différents types de propriétaires et leurs préférences individuelles :

type opposé aux investissements, type focalisé sur l'environnement, type focalisé sur la technologie et un type axé sur l'optimisation des coûts du cycle de vie (LCC). A l'intérieur de ces quatre types de stratégies, on a défini huit stratégies concrètes d'assainissement et calculé, avec les différentes mesures d'assainissement, les réductions à atteindre pour la consommation d'énergie primaire et pour les émissions de gaz à effet de serre. Chaque stratégie comprend différentes étapes partielles, comme par exemple (i) une rénovation de façade, (ii) le remplacement d'un chauffage à mazout par un branchement à un chauffage à distance, (iii) l'utilisation d'appareils ménagers très performants et d'un éclairage efficace, et finalement (iv)



Les mesures d'assainissement réduisent la consommation d'énergie primaire et les émissions de gaz à effet de serre (climat) d'un bâtiment, depuis l'état de référence vers la réalisation de l'objectif « SIA 2040 ». Les coûts d'investissement et les coûts annuels correspondants varient fortement (Smiley = réalisation de l'objectif « SIA 2040 »).

la pose d'une installation solaire thermique et/ou d'une installation photovoltaïque (cf. graphique).

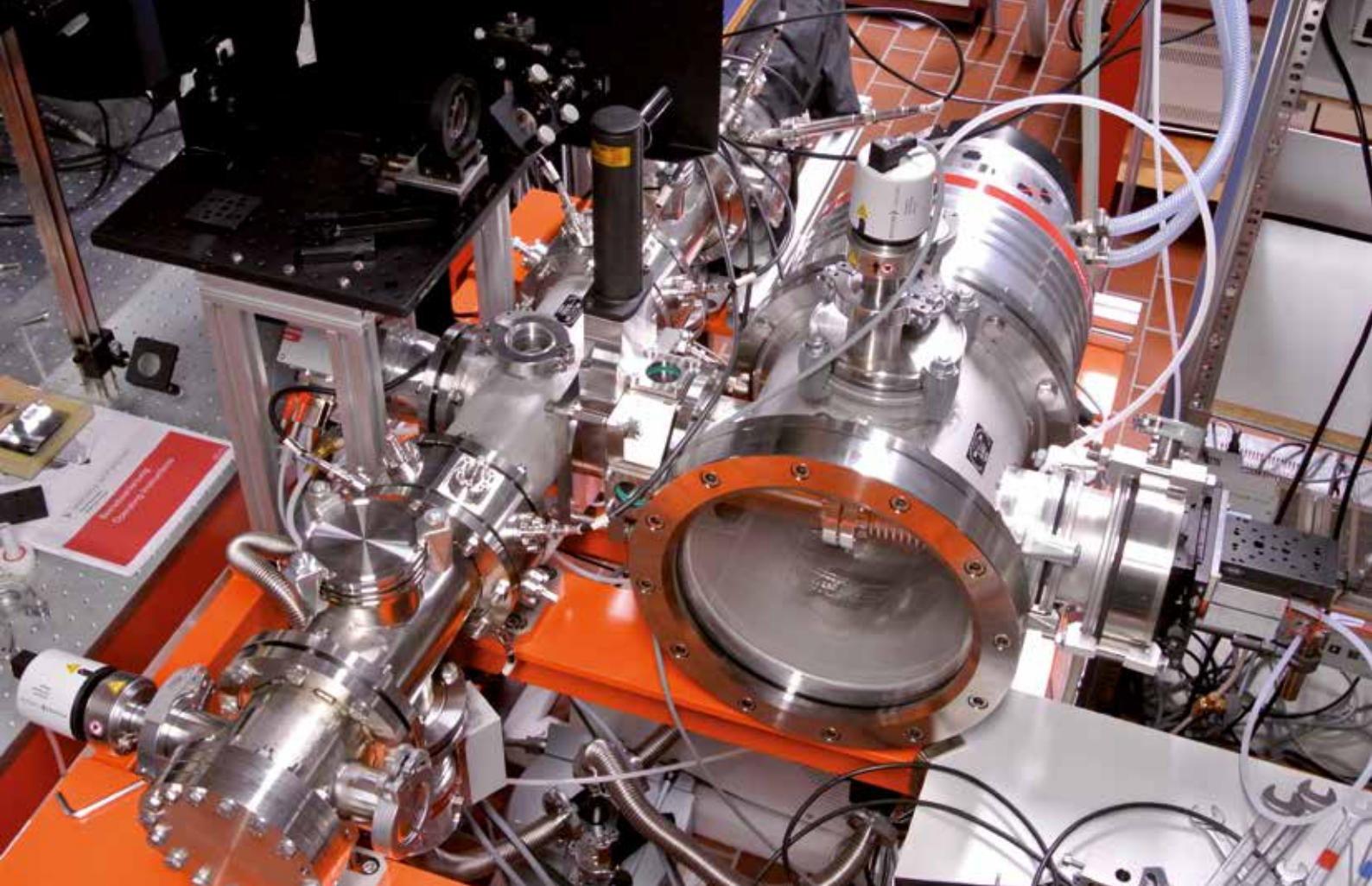
Toutes les stratégies figurant dans le graphique (a) à (h) permettent une réduction nette des émissions de gaz à effet de serre, mais seules trois d'entre elles atteignent les objectifs de performance énergétique « SIA 2040 » fixés par la Société suisse des ingénieurs et architectes (SIA). Les coûts d'investissement et les coûts annuels liés à ces trois stratégies varient toutefois fortement. On constate avec intérêt que les stratégies d'assainissement (g) et (h) axées sur une optimisation des cycles de vie se caractérisent par des coûts d'investissement plutôt modérés. On remarque également que la stratégie (f), qui affiche des coûts d'investissement et des coûts annuels modestes manque l'objectif de très peu.

Les études ont montré que les propriétaires ou les exploitants d'un immeuble locatif actuel peuvent suivre les stratégies d'assainissement les plus variées pour réaliser des réductions plus ou moins ambitieuses de l'énergie primaire et des gaz à effet de serre. En général, quelques mesures avec des coûts raisonnables produisent déjà un effet remarquable. Alors que les objectifs pour le CO₂ sont atteints avec la plupart des stratégies, les objectifs pour l'énergie primaire représentent un vrai défi.

S'agissant des mesures individuelles, plusieurs recommandations générales ont été formulées. Par exemple, l'utilisation d'un éclairage et d'appareils ménagers très performants est quasiment toujours judicieuse et le plus souvent également rentable. Pour un bâtiment chauffé au mazout ou au gaz, les améliorations thermiques de l'enveloppe du bâtiment (iso-

lation thermique et nouvelles fenêtres) sont particulièrement efficaces au niveau des coûts. La comparaison des différents systèmes de chauffage montre que les pompes à chaleur, mais également l'utilisation de la chaleur à distance, réduisent fortement les émissions de gaz à effet de serre et la consommation d'énergie primaire. Par contre, un système de chauffage au bois permet certes de réduire les émissions de CO₂, mais pas la consommation d'énergie primaire. Le recours à la production de courant photovoltaïque dans le bâtiment est tout à fait recommandable, alors que le solaire thermique semble surtout judicieux lorsqu'il est impossible de recourir à une pompe à chaleur ou à la chaleur à distance. (eca)

www.bfe.admin.ch/forschungsbaeude
www.suisseenergie.ch/inspire-tool



Structure expérimentale au laboratoire laser de l'Institut Paul Scherrer pour la spectroscopie photoélectronique.

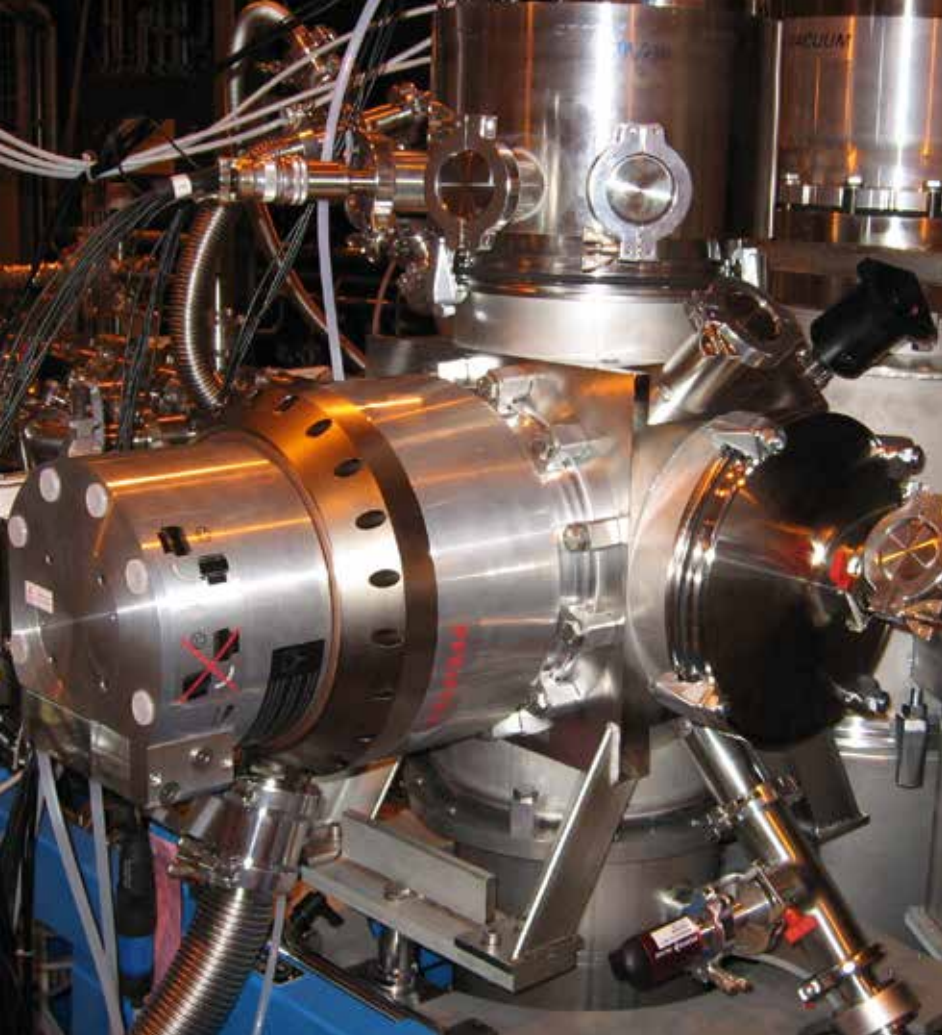
Sur les traces de molécules importantes pour la combustion

Comme par le passé, la combustion d'agents énergétiques fossiles dans les moteurs à combustion, les turbines à gaz ou les chauffages techniques représente le plus important processus de transformation énergétique de notre temps. Ainsi, les sources d'énergie primaire utilisées par le biais de la combustion apportent de loin la plus forte contribution, en Suisse (75 %) comme à travers le monde (85 %), au besoin énergétique global. En lien avec la réalisation des objectifs énergétiques et climatiques, la recherche et le développement de technologies de combustion propres et efficaces revêtent donc une grande importance.

De nombreuses simulations numériques sont utilisées pour optimiser les processus de combustion, depuis la formation du mélange en passant par l'allumage jusqu'à la combustion. La résolution et la précision de telles modélisations ont été considérablement améliorées ces dernières années.

Par conséquent, la qualité des paramètres thermochimiques initiaux a une influence toujours plus forte sur le résultat final. Les imprécisions des données de base utilisées qui se multiplient dans les modèles de calcul nécessitent des calculs approfondis de variantes et une validation expérimentale.

Globalement, des renseignements sur une réaction de combustion (vitesses de la réaction, réactions des éléments, énergies d'activation, etc.) peuvent être obtenus grâce à l'analyse de la cinétique de la réaction, c'est-à-dire du déroulement temporel des réactions chimiques. La caractérisation qu'on déduit des radicaux impliqués dans un proces-



Structure expérimentale au synchrotron national (SLS) pour les mesures spectroscopiques de coïncidences de photoélectrons et photoions. Les études servent à déterminer les propriétés thermochimiques de molécules importantes pour la combustion pour élaborer, grâce à ces informations, des modélisations plus précises de processus complexes de combustion.

sus de combustion (atomes réactifs et molécules avec électrons non appariés) n'est pas assez précise pour des modélisations détaillées utilisées par exemple pour déterminer l'instant d'allumage d'un mélange de gaz inflammable. Cela est dû entre autres au fait que les expériences nécessaires ne peuvent guère avoir lieu à des températures et des pressions suffisamment hautes qui permettraient un paramétrage exact du processus de combustion.

Les analyses spectroscopiques avec une résolution temporelle permettent d'examiner directement les radicaux, formés parfois seulement en petite quantité, dans un processus de combustion et d'en déterminer les propriétés thermochimiques (enthalpies de formation, états énergétiques, etc.). Ces dernières années, l'Institut

Paul Scherrer (PSI) a développé et installé de vastes équipements d'instrumentation pour pouvoir mener de telles expériences. Pour la spectroscopie, l'Institut utilise, outre les différentes sources lasers, le synchrotron national (Source de Lumière Suisse). La spectroscopie avec rayonnement ultraviolet monochromatique sous vide entre 4 et 30 eV et une largeur de bande de quelques meV a par exemple pu mesurer exactement le mécanisme de dissociation des ions de méthane, cela avec une précision 10 fois plus grande qu'avec des expériences standards. Les sources lasers sont utilisées pour les expériences communément appelées « Pulse-Probe » pour étudier, par spectroscopie photo-électronique à résolution angulaire avec une très haute résolution temporelle, la dynamique interne de molécules mesurée en femtosecondes (1 fs =

10^{-15} s). A cet effet, les molécules sont excitées par des impulsions de laser ultracourtes et les photoélectrons émis, résolus en temps et en espace, sont détectés. A ce sujet, on peut observer quelles actions partielles se produisent lors d'un processus complexe de combustion, ce qui n'est pas possible par la seule détermination des concentrations d'espèces dans une flamme. Cela permet d'identifier des réactions plus ou moins importantes.

Les travaux de recherche au PSI s'effectuent en partie en étroite collaboration avec des partenaires européens. Les infrastructures sont aussi accessibles aux chercheurs externes pour les analyses expérimentales. (obs)

www.bfe.admin.ch/forschungsverbrennung



EN BREF ...

Stockage d'énergie pour stabiliser le réseau

L'augmentation de capacité de sources d'énergie fluctuantes (éolienne, solaire) accroît le risque d'instabilités du réseau et la probabilité que des générateurs classiques doivent être coupés du réseau lors de fluctuations de tension et de fréquence. La maison Alstom a développé une technologie pour améliorer la capacité de passer des erreurs de ce genre grâce à l'intégration d'accumulateurs de courte durée (condensateurs à haute performance) et d'éléments commutateurs semi-conducteurs de puissance. Ceux-ci compensent les instabilités du réseau du côté de la centrale. Ainsi, il faut moins souvent couper le générateur du réseau et celui-ci est stabilisé dans son ensemble. (sig)

Nouveau routeur 2 watts : 80 % plus efficace

Actuellement, on totalise en Suisse plus de trois millions de modems et de routeurs qui consomment chaque année plus de 230 GWh d'électricité.

Swisscom, conjointement avec un partenaire industriel, a développé un routeur qui ne consomme même pas 2 watts. Cela correspond environ à un cinquième de la puissance requise par les appareils utilisés aujourd'hui. Outre l'emploi des composants les plus économiques, le sous-système VDSL (Very High Speed Digital Subscriber Line) du routeur ne fonctionne pas en mode veille pendant les phases d'utilisation restreinte, mais est complètement désactivé. Un module supplémentaire peu gourmand GSM (Global System for Mobile Communications) assure en tout temps une connexion Internet et comble la période, durant laquelle le sous-système VDSL doit redémarrer. (mom)

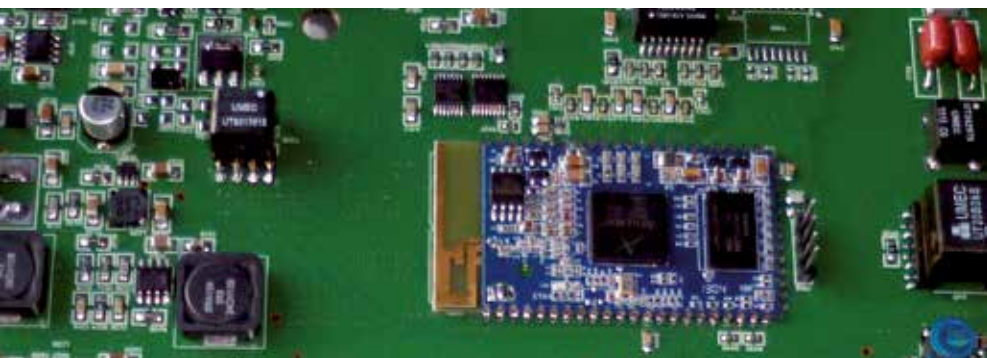
Utiliser des rejets thermiques chargés de poussière

La cimenterie Untervaz de Holcim Suisse SA produit chaque année 800'000 t de ciment dans un gigantesque four tubulaire rotatif en transformant 75 GWh d'énergie électrique et 555 GWh d'énergie thermique. Une gran-



Les rejets thermiques d'une cimenterie peuvent être utilisés pour produire de l'électricité grâce à une installation d'Organic Rankine Cycle (ORC).

de partie de cette énergie est issue des rejets thermiques et de la propre chaleur de la production de ciment. Une partie de cette énergie est à nouveau transformée en électricité grâce à une installation d'Organic Rankine Cycle (ORC). L'air très chaud évacué par l'installation est fortement chargé de poussière de ciment (env. 7 t de poussière/h), ce qui représente un grand défi. Une partie de la chaleur est captée de l'air évacué grâce à un échangeur de chaleur et à un circuit intermédiaire, puis transférée à la centrale ORC, qui la transforme en électricité avec une puissance d'environ 2 MW. (pum)



La puissance requise d'un routeur oscille actuellement entre 7 et 10 watts. Une nouvelle conception a permis de réaliser un routeur d'une puissance inférieure à 2 watts.



ÉNERGIES RENOUVELABLES

La part des énergies renouvelables augmente constamment à travers le monde, notamment dans le secteur de l'électricité. Les taux de développement annuels de certaines technologies affichent un pourcentage à deux chiffres : 27 % pour l'éolien et 42 % pour le photovoltaïque. D'autres technologies comme l'énergie hydraulique, la biomasse et la géothermie connaissent également un fort développement avec des centaines de GW de capacité supplémentaire dans le monde en-

tier. En revanche, par rapport à la demande globale d'énergie primaire, la part des énergies renouvelables est demeurée stable ces 10 dernières années à hauteur de 13 % environ. Dans le domaine des énergies renouvelables, l'OFEN soutient la recherche et le développement de technologies qui peuvent immédiatement contribuer à l'approvisionnement énergétique durable de la Suisse, mais aussi les thématiques censées servir à la création de valeur ajoutée industrielle en Suisse. (obs)





Technologie solaire exportée du Tessin

Compte tenu du faible ensoleillement direct, la Suisse ne mise guère sur la technologie solaire intensive (CSP = Concentrated Solar Power). Malgré tout, depuis plusieurs décennies, on observe en Suisse d'importantes incitations pour perfectionner cette technologie. L'entreprise tessinoise Airlight Energy en particulier innove complètement pour réduire encore les coûts de cette technologie.

Depuis les années 80 déjà, il existe de grandes centrales électriques héliothermiques dont les concentrateurs paraboliques à canaux linéaires focalisent le rayonnement solaire incident et le concentrent sur un milieu absorbant. La vapeur d'eau produite grâce à un échangeur de chaleur fait fonctionner une turbine à gaz générant ainsi de l'électricité. La dernière décennie a vu la création ou le perfectionnement de concepts les plus variés. Dans le même temps, de nouvelles centrales commerciales ont été réalisées à travers le monde, avec une capacité totale d'environ 2,5 GW à fin 2012. Depuis 2013, une nouvelle capacité de production de 2,7 GW est en construction ou est déjà connectée au réseau. Selon leur conception pour la charge de pointe ou la charge de base, les centrales CSP sont combinées avec des réservoirs thermiques et peuvent ainsi afficher jusqu'à 5500 heures de pleine charge par an ou sont aménagées pour l'hybridation de centrales classiques à combustibles fossiles.

Les coûts de production de l'électricité issue des centrales électriques héliothermiques ont subi une forte baisse au cours des dernières années. Malgré tout, compte tenu du

gaz naturel bon marché, de la forte chute des prix du photovoltaïque, d'un environnement économique globalement difficile et des changements brusques dans les conditions cadres politiques (rétribution du courant injecté), la technologie est véritablement sous pression pour encore faire baisser ses coûts.

L'entreprise tessinoise Airlight Energy fondée en 2007 innove complètement en la matière. Ces dernières années, en collaboration avec l'EPF de Zurich et la Haute école spécialisée tessinoise SUPSI, elle a développé un concentrateur parabolique à canaux de grande échelle avec une ouverture d'à peine 10 mètres, composé de miroirs concentrateurs pneumatiques supportés par une structure de béton léger. Quant au réflecteur, il se compose d'une pellicule recouverte d'aluminium qui, conjointement avec une pellicule protectrice transparente, forme un volume d'un seul bloc soumis à une légère surpression. Comme milieu absorbant pour le rayonnement solaire concentré, on utilise de l'air et non pas l'huile synthétique utilisée dans la technologie classique à canaux paraboliques. Compte tenu du nombre trois fois plus petit d'accumulateurs de chaleur, l'utilisation de l'air représente un grand



Accumulateurs thermiques de basalte pour stocker la chaleur solaire excédentaire.

défi, tout en offrant la possibilité de travailler avec des températures plus élevées, d'atteindre ainsi une plus grande efficacité et éventuellement de recourir à des systèmes de stockage moins onéreux. Grâce à un concentrateur secondaire et à une cavité absorbante en spirale, avec une surface très absorbante et parallèlement une petite surface d'ouverture, on atteint une efficacité des collecteurs très élevée.

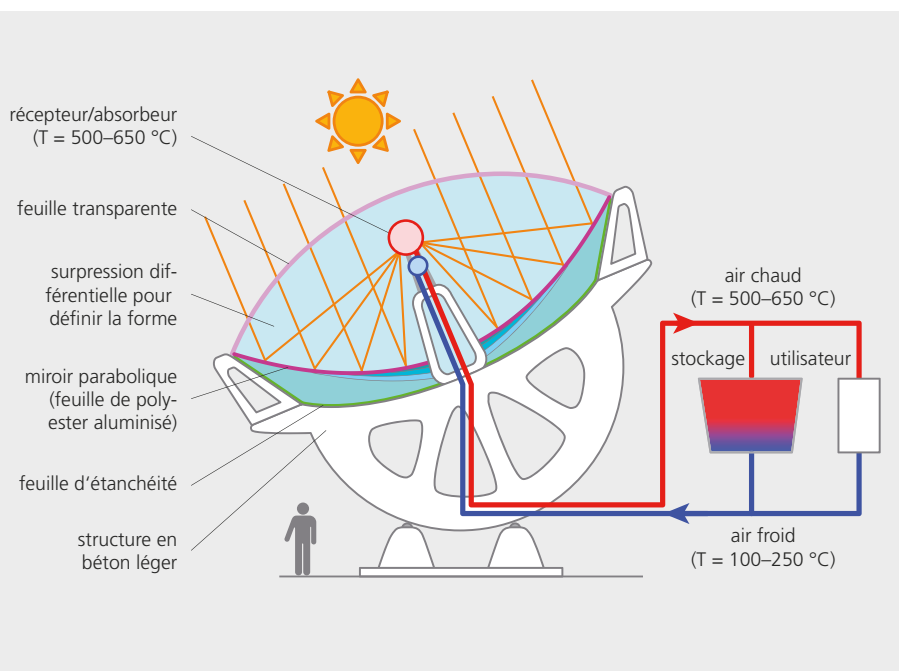
Actuellement, la première installation commerciale avec cette technologie est en construction à Ait Baha (Maroc). L'installation consiste en un booster solaire avec un champ de capteurs d'une puissance thermique de 3 MW aménagé pour pouvoir fournir, conjointement avec les rejets thermiques d'une cimenterie, de la chaleur à une turbine «Organic Rankine Cycle» existante de 12 MW. Le

mandant est Ciments du Maroc (Italcementi Group). La chaleur solaire excédentaire est cédée à un accumulateur de basalte souterrain, chauffé jusqu'à 550 °C. L'accumulateur est dimensionné de telle sorte que le booster puisse fournir uniformément de l'énergie (air chaud) 24 heures sur 24.

Une grande partie de l'installation est construite sur place avec la participation des entreprises locales, ce qui a un effet positif sur l'énergie grise produite par cette technologie. Airlight Energy, qui collabore également avec des écoles supérieures locales, s'est vu décerner, fin 2012, le prix marocain «InnoTherm».

L'Afrique du Nord et le Maroc en particulier se profilent comme un marché prometteur pour la technologie CSP. D'ici 2020, l'agence marocaine pour l'énergie solaire (MASEN) veut encore construire des centrales CSP d'une puissance totale de 2 GW. En s'appuyant sur les expériences faites avec l'installation pilote d'Ait Baha, une entreprise suisse a ainsi l'opportunité de participer à un marché en pleine croissance. (obs)

www.bfe.admin.ch/forschungindustriesolar



Concentrateur solaire à canaux paraboliques d'Airlight Energy avec un miroir pneumatique composé d'une pellicule en polyester recouverte d'aluminium qui est étanchéifiée par une pellicule transparente. L'air est utilisé comme milieu absorbant.



Forte formation de givre sur un pylône de la ligne du Lukmanier après la tempête « Andrea » en janvier 2012.

Quand la glace échauffe les esprits du secteur énergétique

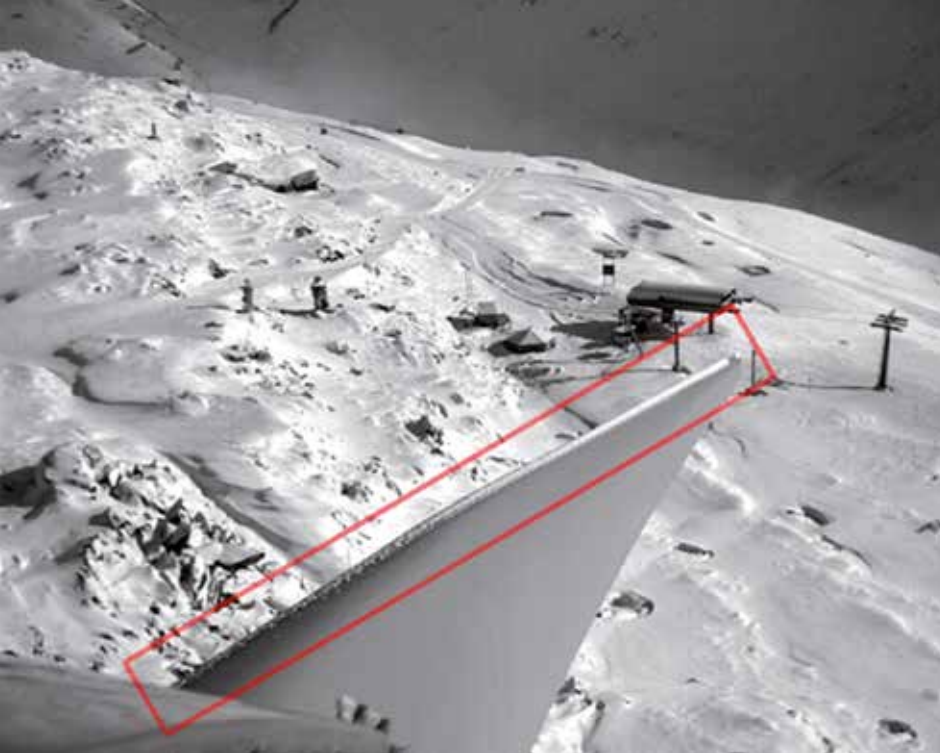
La formation de givre sur le pare-brise d'une voiture est très inconfortable et les routes verglacées représentent un grand danger pour la circulation. Mais la formation de glace préoccupe aussi le secteur de l'énergie. La formation de glace peut par exemple provoquer l'effondrement des lignes électriques ou d'énormes pertes de production et augmenter les risques pour la sécurité dans les parcs éoliens.

La formation de glace sur une ligne de transport d'électricité provoque une grosse surcharge sur le câble conducteur. Un surpoids peut endommager des isolateurs ou provoquer l'affaissement de py-

lônes entiers. Sur la pale de rotor d'une éolienne, la glace perturbe l'aérodynamique et le rendement de l'installation. Si le poids de la glace est trop grand, il faut même arrêter l'éolienne. Dans les deux cas, la glace qui se détache peut re-

présenter un risque pour la sécurité des passants ou le personnel de maintenance.

La glace se forme lorsque des gouttelettes d'eau surfondue provenant du brouillard ou de nuages



Formation de givre sur une turbine éolienne du Gütsch au-dessus d'Andermatt (image de webcam).

sont transportées par le vent sur une structure et y gèlent. Si l'eau gèle tout de suite, il se forme une couche opaque de givre tournée vers le vent. Quand la température à la surface avoisine 0 °C, les gouttelettes d'eau incidentes ne gèlent pas complètement. Une couche d'eau liquide se forme, se répartit sur la structure à cause du vent et gèle progressivement. Cela produit une glace claire.

En regardant la carte de givrage de la Suisse (www.wind-data.ch), on s'aperçoit que de grandes régions du pays sont régulièrement touchées par ce phénomène. C'est pourquoi la recherche sur le givrage en Suisse revêt une grande importance.

Dans l'Arc jurassien, la majorité des projets d'éolien est concernée par le givrage. Pour pouvoir mettre une meilleure documentation de base à la disposition des réalisateurs suisses de projets, le fonctionnement de deux turbines éoliennes du constructeur Enercon fait l'objet d'une étude approfondie depuis 2009 à St-Brais dans le canton du Jura. En cas de besoin, les pales de rotor des deux turbines éoliennes peuvent être chauffées de l'intérieur avec de l'air chaud pour faire

fondre la glace et ainsi garantir la production d'électricité également en hiver. Les conditions de givrage sur ce site ont été déterminées à l'aide d'images de caméras. Ces informations ont servi de base à une analyse des coûts et profits pour l'utilisation d'un chauffage des pales. Il a été prouvé que le recours à des pales de rotor chauffées aux endroits sujets au givrage génère une augmentation sensible du rendement. De ce projet, il est résulté une étroite collaboration avec Enercon, le quatrième constructeur d'éoliennes au monde. Grâce au perfectionnement du chauffage de pales, le fonctionnement hivernal des éoliennes de St-Brais a été optimisé.

Les éoliennes ne sont pas seules à être perturbées par le givrage, car les lignes électriques doivent aussi affronter ce phénomène. Sur une ligne électrique, la glace entoure les câbles conducteurs comme un manchon cylindrique, ce qui provoque une très forte surcharge. C'est ainsi qu'en janvier 2014, en Norvège, une ligne électrique s'est effondrée sous un poids record de glace par mètre de câble conducteur estimé à 69 kilos. En novembre 2005, dans le Münsterland allemand, ce sont près de 70

pylônes de lignes à haute tension qui se sont effondrés sous le trop grand poids de la glace, privant ainsi 250'000 personnes d'électricité.

Actuellement, un projet suisse étudie l'optimisation de l'exploitation des lignes électriques aériennes du point de vue météorologique. L'analyse du givrage est un élément important. Pour la surveillance des lignes électriques, des caméras automatiques ont été fixées directement sur les pylônes des lignes électriques à cinq endroits du Jura et des Alpes. Les images de ces caméras fourniront des informations importantes sur la fréquence et l'intensité du givrage. Par ailleurs, les images en direct constituent un élément essentiel de la gestion des lignes électriques. D'autre part, des prévisions sur le givrage du lendemain sont établies pour les cinq mêmes sites grâce à des modèles météorologiques. D'une manière générale, ces études visent à rendre plus sûre à l'avenir l'exploitation des lignes électriques exposées au risque de givrage. (*mak/mom*)

www.bfe.admin.ch/forschungnetze
www.bfe.admin.ch/forschungwind



Chantier de la galerie de dérivation des matériaux charriés au lac d'accumulation Solis à l'Albula aux Grisons.

Envasement des réservoirs hydroélectriques

Le réchauffement de l'atmosphère terrestre produit de multiples effets sur l'utilisation des forces hydrauliques dans l'espace alpin. La répartition temporelle des débits naturels se modifie et les réservoirs alpins se comblent toujours davantage suite au recul des glaciers. Dans le même temps, le marché suisse et le marché européen de l'électricité ont besoin de capacités supplémentaires de stockage et d'électricité de pointe que l'énergie hydraulique peut mettre à disposition.

Les changements climatiques produisent des effets variés sur les conditions-cadres pour l'utilisation des forces hydrauliques dans l'espace alpin : en raison du réchauffement général, la limite des chutes de neige remonte, les précipitations tombent sous forme de pluie jusqu'à des altitudes élevées et s'écoulent directement. Par ailleurs, en altitude, la neige fond prématurément. Comme le stockage intermédiaire na-

turel des précipitations sous forme de neige et de glace diminue, les réservoirs naturels et artificiels doivent de plus en plus assumer cette fonction. Le réchauffement général provoque aussi un recul des glaciers et le dégel des pergélisols. Une plus forte érosion due à l'eau et au vent génère davantage de matériaux charriés et de particules fines en suspension dans les fleuves et les lacs d'accumulation, qui ont ainsi tendance à se combler.

Ces modifications se réalisent progressivement et s'étendent sur plusieurs décennies. En même temps, le marché suisse et le marché européen de l'électricité subissent de grandes adaptations suite à l'extension considérable des énergies renouvelables. A l'avenir également, les centrales à accumulation et à pompage-turbinage resteront très importantes pour l'approvisionnement électrique de la Suisse et pour les synergies avec ses pays voisins.



Dommmages d'abrasion sur une roue hydraulique Pelton dus à la forte teneur en particules en suspension dans l'eau.

Il s'agit en l'occurrence de clarifier diverses questions : existe-t-il suffisamment de réservoirs ? Ceux-ci peuvent-ils être agrandis, et comment doivent-ils être exploités à l'avenir ? A quelles conséquences faut-il s'attendre à cause des envasements et comment peut-on y remédier ? Les forces hydrauliques peuvent-elles répondre aux attentes mentionnées dans le cadre de la « Stratégie énergétique 2050 » ?

Compte tenu de l'envasement progressif des réservoirs et en même temps des exigences accrues concernant leur exploitation, les réservoirs devront être exploités beaucoup plus intensément dans le futur. Plus souvent que par le passé, ils seront remplis au maximum et vidangés aussi profondément que possible. Cette vidange en profondeur peut générer des tourbillons d'entrée, par lesquels l'air est absorbé dans les systèmes de conduites forcées. De telles bulles d'air provoquent des dysfonctionnements et des instabilités dans les systèmes de conduites. Des études fondamentales montrent dans quelles conditions ces tourbillons se forment, quelles quantités d'air sont alors absorbées, comment on peut éviter ces tourbillons, respec-

tivement comment on peut à nouveau évacuer l'air absorbé du système de conduites. On cherche aussi à savoir comment l'intensification des cycles de stockage, c'est-à-dire les passages du pompage au turbinage, se répercute sur les processus d'envasement dans les réservoirs, compte tenu de la teneur en particules en suspension dans l'eau qui va et vient. Ces analyses donnent des indications sur la manière dont l'exploitation des réservoirs existants peut être optimisée et étendue.

Il existe différents moyens de contrecarrer l'envasement des réservoirs. On peut par exemple capter les crues qui charrient beaucoup de matériaux par des galeries de dérivation et les faire passer à côté du réservoir. Ces galeries de dérivation, qui ne sont exploitées que quelques jours par année, sont par contre exposées à des charges extrêmes dues au débit très rapide du mélange d'eau et d'éboulis. C'est pourquoi ces galeries doivent être fréquemment inspectées et réparées. L'objectif de plusieurs projets est de rechercher la manière optimale d'aménager et de construire ces galeries et de savoir quels matériaux peuvent être utilisés aux

endroits les plus sollicités comme blindage résistant à l'abrasion.

Habituellement, les particules en suspension dans l'eau sont séparées par un séparateur de sable. Si ce processus ne suffit pas, les particules s'écrasent à grande vitesse sur les augets des roues Pelton et causent des dommages d'abrasion, ce qui se répercute sur le rendement des machines. Les roues hydrauliques doivent alors être démontées et rénovées à intervalles réguliers. Ces mesures complexes et onéreuses doivent être prises d'autant plus fréquemment que les particules en suspension dans l'eau sont plus dures, plus anguleuses et plus nombreuses. Les travaux de recherche en cours se focalisent sur les liens entre la teneur en particules en suspension et l'augmentation des dommages d'abrasion. D'autre part, on examine quels modèles de simulation se prêtent le mieux à la simulation numérique des processus de décantation dans les séparateurs de sable, afin de pouvoir améliorer ultérieurement les bases de calcul pour les séparateurs de sable. (*mom/jok*)

*www.bfe.admin.ch/
forschungswasserkraft*



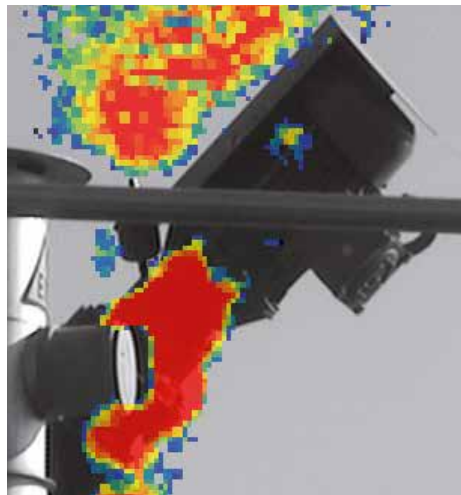
EN BREF ...

Fuites dans les installations au biogaz

Les fuites de méthane polluent l'environnement, génèrent des pertes économiques et augmentent les risques pour la sécurité d'une installation au biogaz. Ces pertes sont causées par des fuites ponctuelles dans le couvercle du fermenteur et dans les tuyauteries, ou par des fuites à grande échelle dans les bassins de récupération des résidus de fermentation et les préfosse. Une étude actuelle montre que les fuites dans les bassins de récupération des résidus de fermentation représentent entre 2 % et 37 % du potentiel de gaz résiduel de méthane, soit env. 2 % de la production totale de l'installation. Les fuites dans la préfosse s'élèvent à env. 0,4 % de la production totale. Les sources de fuites les plus fréquentes peuvent être réduites grâce à une planification, une exécution et un entretien conformément à l'état de la technique. Les longs temps de rétention et les installations à deux étages diminuent le potentiel de gaz résiduel de méthane et les pertes de méthane. (hea)

Des légumes grâce à la géothermie

Avec beaucoup de courage, de persévérance et d'investissements, la maison Grob Gemüse- und Landbau à Schlattingen (TG) a abandonné les combustibles fossiles pour la géothermie. Deux forages à une profondeur entre 1200 m et 1400 m – c'était la première fois que la technologie de forage horizontal était utilisée en Suisse pour la géothermie – ont démontré que le Muschelkalk suisse en Thurgovie septentrionale recèle suffisam-



Fuites de gaz dans l'agitateur d'une installation au biogaz. Les surfaces colorées en rouge montrent les fortes concentrations de méthane et celles en bleu les faibles concentrations. A gauche : avant le graissage, à droite : après le graissage.

ment d'eau chaude (60 °C) pour pouvoir assurer une partie de l'approvisionnement en chaleur de la grande entreprise agricole. (sig)

Cellule PV en couches minces de rendement élevé

Depuis toujours, le degré d'efficacité des différentes technologies des cellules photovoltaïques représente l'un des principaux indicateurs de performance. Les cellules photovoltaïques communément appelées CIGS (CIGS = séléniure de cuivre, indium, gallium) se distinguent des autres cellules photovoltaïques en couches minces par leur grand potentiel de rendements élevés. De gros efforts de développement sont entrepris à travers le monde pour augmenter l'efficacité des modules CIGS dans le domaine des modules à base de silicium polycristallin. A cette fin, l'entreprise suisse Flisom développe, en étroite collaboration avec le Labora-

toire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa), une installation pour la production «Roll-to-Roll» de modules CIGS sur des substrats souples. Outre son haut rendement, cette technologie se distingue par un délai. (obs)



L'Empa fait partie des laboratoires de pointe à travers le monde dans le domaine des cellules photovoltaïques en couches minces CIGS. Depuis 1999, le degré d'efficacité a passé d'environ 13 % à plus de 20 % au cours des différentes étapes de développement, et chaque étape représente un record mondial.



ÉNERGIE, ÉCONOMIE ET SOCIÉTÉ

En plus de la promotion des développements technologiques en matière d'énergie, l'Office fédéral de l'énergie s'occupe aussi en particulier des problèmes économiques, sociologiques, psychologiques et politiques sur toute la chaîne de valeur ajoutée. Les marchés de l'énergie sont entachés de différentes imperfections, si bien que seule l'intervention de l'Etat permet

d'obtenir des résultats efficaces sur le plan socio-économique. La recherche socio-économique, qui pose les bases de la politique énergétique, est donc essentielle. Le but est de réaliser simultanément différents objectifs tels que la sécurité de l'approvisionnement, la rentabilité et la conformité environnementale. (faa)





Comment l'information influence-t-elle la consommation électrique ?

Outre l'augmentation de la part des énergies renouvelables, la « Stratégie énergétique 2050 » de la Suisse prévoit entre autres la réduction de la consommation d'énergie finale et d'électricité. Différents instruments peuvent être utilisés pour obtenir cette réduction. L'un d'entre eux consiste par exemple à améliorer l'information des consommateurs sur leur consommation électrique.

Une étude actuelle a analysé en détail le comportement des utilisateurs dans 5000 ménages – clients des Services industriels de la Ville de Zurich (ewz) – afin de clarifier si une information supplémentaire permet de réduire la consommation électrique, et si oui dans quelle mesure. Les participants ont été répartis selon le principe aléatoire en cinq groupes qui ont obtenu des informations différenciées sur leur consommation d'électricité. Un groupe de contrôle n'a reçu aucune information, tandis qu'un deuxième groupe bénéficiait d'une information permanente et détaillée sur sa propre consommation électrique grâce à l'affichage d'un « smart meter ». Ce système a permis aux ménages de s'informer sur leur consommation électrique en temps réel. Un autre groupe avait droit à un conseil professionnel sur l'électricité, alors que les deux derniers groupes étaient plus ou moins informés de la consommation électrique d'un ménage comparable. Dans le cadre de l'étude, on a procédé à huit relevés des compteurs d'électricité des ménages analysés sur une période de 15 mois.

Les résultats de l'étude montrent que la simple information peut réduire sensiblement la consommation d'électricité. En fait, la consommation journalière baisse d'environ 3,2 % à moyen terme grâce aux affichages du « smart meter ». Le recul de la consommation ne s'observe pas seulement immédiatement après l'installation de l'affichage « smart meter », mais également durant toute la phase d'observation. D'autre part, ces affichages permettent aussi de transférer partiellement la consommation électrique dans les périodes de bas tarif. Par contre, la compétition sociale ne débouche que sur des économies mineures. En fait, les économies d'électricité des deux groupes informés de la consommation d'un ménage comparable n'étaient pas significatives à la fin de la période d'observation. La fréquence du feedback semble jouer un rôle important. Le projet souligne l'importance d'un feedback continu, détaillé et dans un laps de temps réduit pour diminuer sensiblement la consommation électrique. (faa)

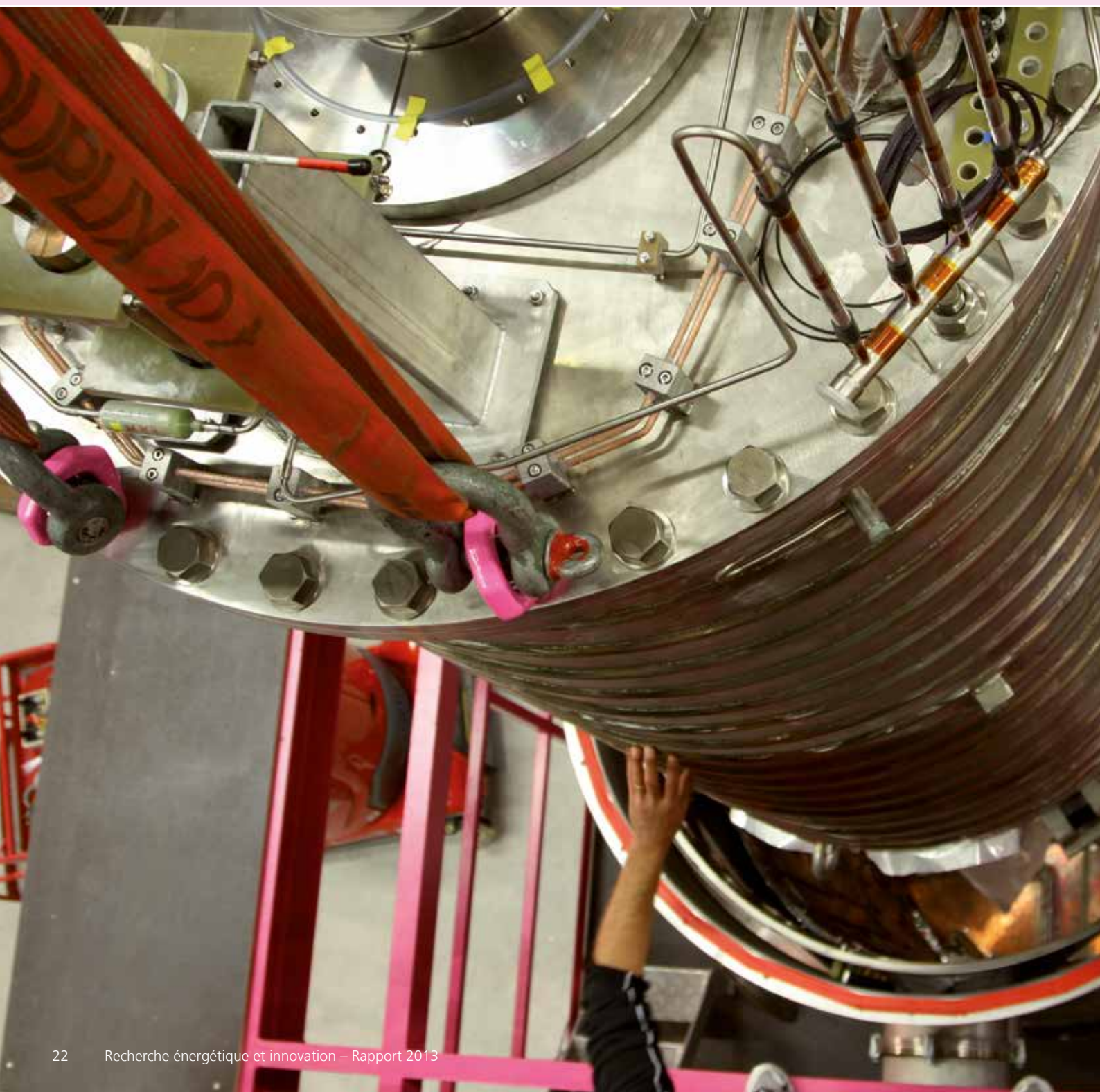
www.ewg-bfe.ch



ÉNERGIE NUCLÉAIRE

L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) ne s'occupe pas directement de la plupart des domaines de la recherche focalisés sur la technologie tels que la technique nucléaire et la sécurité nucléaire, la recherche réglementaire en matière de sécurité nucléaire et la fusion nucléaire. Une présentation détaillée des activités et des projets de recherche sur ces thèmes se trouve sur les sites Web de l'Institut Paul Scherrer (<http://nes.web.psi.ch>), de

l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (www.ensi.ch) et du Centre de recherches en physique des plasmas de l'EPFL (<https://crppwww.epfl.ch>). L'OFEN ne soutient directement que les activités de recherche à l'Université de Bâle en lien avec le réacteur de fusion ITER. Dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs, l'OFEN coordonne différentes activités de recherche sociétales de la Confédération en matière de régulation. (obs)





Déchets radioactifs et participation régionale

Pour prendre en compte les intérêts de la population concernant la sélection des sites pour les dépôts en couches géologiques profondes en Suisse, des organes de participation ont été créés dans les six régions potentielles d'implantation (Conférences régionales). Ils se composent de représentants des régions et des organisations concernées ainsi que d'autres habitants et habitantes.

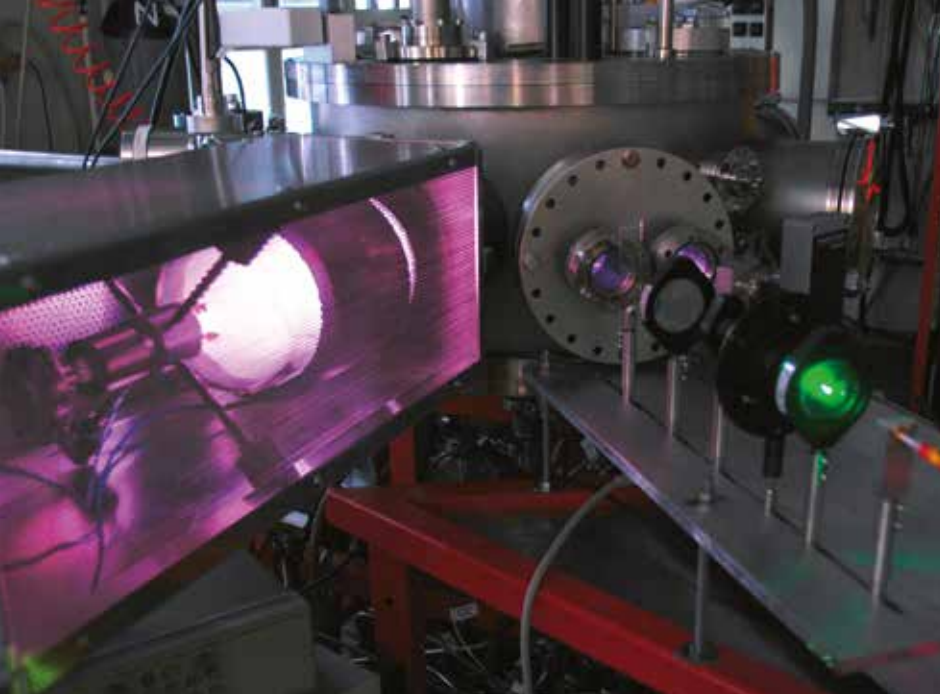
Dans le cadre de la participation régionale, la possibilité est offerte de faire des propositions émanant de la région pour la planification de la gestion des déchets radioactifs en Suisse. Le processus de formation de ces organes entre 2009 et 2011 a été analysé lors d'une évaluation scientifique achevée en 2013 et publiée en janvier 2014. Elle a nécessité une analyse détaillée des documents et des interviews qualitatives avec les personnes impliquées dans la mise en place de la participation. Outre la documentation du processus de mise en place, une partie des connaissances et des expériences des acteurs impliqués doivent être mises à disposition pour être utilisées dans la suite de la participation. Les principaux enseignements ont été réunis sous la forme de «Lessons Learned» et ont débouché sur des recommandations adéquates.

Divers points, susceptibles d'amélioration, ont été abordés dans la communication. Il s'agit par exemple d'expliquer dès le début le but de la participation de manière claire et facilement compréhensible. Par ailleurs, au cours du processus, les tâches et les rôles des personnes impliquées devraient

être exactement définis. Mais la façon dont il faut atteindre ces objectifs doit délibérément être l'affaire des régions. Un échange d'expériences entre les différentes régions est aussi recommandé. La composition des conférences régionales montre qu'elles représentent suffisamment bien les différents intérêts. Par contre, concernant les facteurs sociodémographiques, la composition des organes de participation n'est pas équilibrée. Il manque en particulier des jeunes et des femmes. Pour disposer d'organes représentatifs de toute la population, les personnes impliquées devraient être davantage sensibilisées à l'intégration des différents groupes de population et élaborer une stratégie ciblée ainsi que des mesures de communication.

A l'avenir, outre le lancement de l'évaluation scientifique sur la seconde partie de la participation, une plus petite étude est également prévue sur la participation des femmes et des jeunes aux projets à long terme. L'objectif est d'obtenir de nouvelles informations et de les intégrer au processus en cours. (*min/brs*)

www.bfe.admin.ch/radioaktiveabfaelle



Développement de miroirs pour le réacteur de fusion expérimental ITER : à gauche (lilas) : Source de plasma pour simuler les conditions d'irradiation des particules. A droite (vert) : Source de lumière pour la mesure simultanée de la réflexion des miroirs.

Miroirs pour le réacteur de fusion ITER

La fusion nucléaire pourrait devenir une technologie alternative de conversion de l'énergie. A Cadarache (F), on construit actuellement le plus récent réacteur expérimental ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor). Une équipe internationale avec la participation de l'Université de Bâle développe un nouveau système de mesure et de diagnostic pour la caractérisation du plasma de fusion.

Un climat rude règne dans le réacteur de fusion. Le rayonnement des neutrons et des ions ainsi que les températures du plasma posent d'énormes exigences aux matériaux utilisés. Pour contrôler le plasma du réacteur, il faut une multitude de systèmes de mesure et de diagnostic. Compte tenu du bombardement intensif de neutrons, un contact visuel direct avec l'intérieur du réacteur n'est pas possible. C'est pourquoi, la lumière doit être dirigée de la chambre à vide, par un système de miroirs résistants à des températures élevées, vers les stations de mesure. A l'Université de Bâle, on étudie des revêtements de matériaux innovants, afin que ces miroirs primaires puissent accomplir, sur le long terme, leur tâche au démarrage et lors de l'exploitation du réacteur de fusion.

Le développement de ces systèmes de mesure et de diagnostic représente donc aussi une clé essentielle pour le succès du réacteur de fusion expérimental ITER en construction. Avec la construction de ce premier réacteur expérimental international et ses vastes infrastructures, c'est une nouvelle étape de la recherche en fusion qui débute à Cadarache, dans le Midi de la France. La future construction du réacteur DEMO encore plus gros poursuit le but de la conversion rentable de l'énergie. La chambre à vide d'ITER en forme d'anneau, appelée Tokamak, est équipée d'environ 50 systèmes de mesure et de diagnostic différents pour piloter le plasma qui s'y forme, le contrôler et l'optimiser. Les grandeurs mesurées optiquement sont la température, la densité du plasma, l'extension du plasma, la quantité d'hélium et les concentrations des pollutions. Le point de dé-

part est le spectre total de la lumière, visible et invisible. A cause des densités élevées de l'énergie dans le réacteur, les matériaux se détachent des parois. Ils sont entraînés par le plasma comme une poussière atomique. Si cette poussière se dépose sur les miroirs de diagnostic, leur réflectivité diminue et se modifie au niveau du spectre. Pour être rentable, un réacteur doit garantir un fonctionnement continu. Pour ce faire, les instruments optiques de diagnostic et les systèmes de miroirs intacts sont vraiment indispensables. Selon la méthode qui prévaut aujourd'hui, les miroirs doivent être nettoyés, sans être démontés, par décapage ionique sous vide. Ces processus de nettoyage sont actuellement testés dans le cadre d'une collaboration internationale à Bâle. (*mom/mal*)

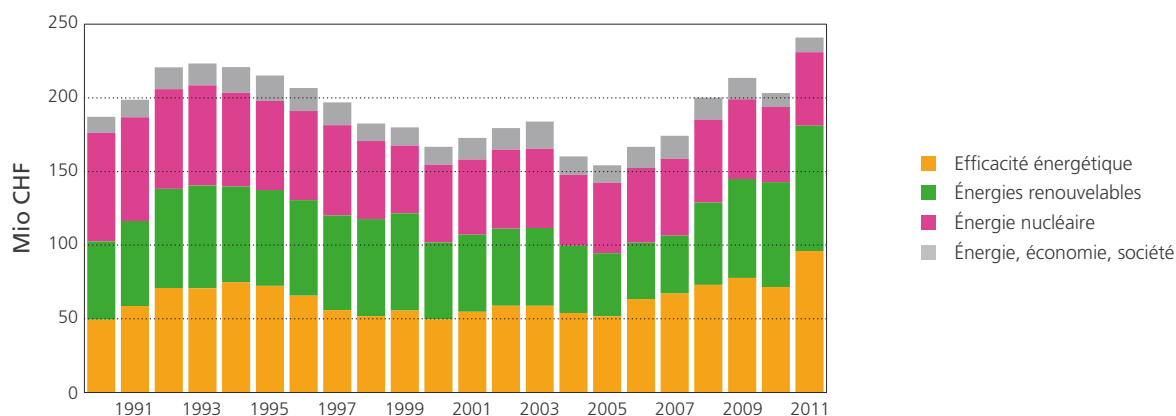
www.bfe.admin.ch/forschungskernenergie



FAITS ET CHIFFRES

Depuis 1977, l'OFEN enregistre les dépenses des collectivités publiques pour les projets de recherche ainsi que les projets pilotes et de démonstration dans le secteur de l'énergie. Le relevé s'effectue sur la base d'une déclaration spontanée des données du projet et l'OFEN procède au classement thématique et à l'examen fi-

nal des projets. Les dépenses effectives des collectivités publiques ont ainsi tendance à être sous-estimées. Chaque année, environ 1500 projets sont enregistrés, examinés et évalués statistiquement. Un aperçu des données saisies est publié sous www.recherche-energetique.ch. (mak)



Aperçu à long terme des fonds publics dépensés pour la recherche énergétique. Les données sont présentées en valeurs réelles, c'est-à-dire corrigées du renchérissement pour l'année 2012. Les valeurs se situent entre 0,3 et 0,65 pour-mille du produit intérieur brut.

	EPF	FNS	CTI	OFEN	IFSN	SEFRI	UE	cant./cnes.	divers
2011	138,1 (78,6 %)	4,5 (2,6 %)	20,3 (11,6 %)	23,6 (13,4 %)	2,2 (1,3 %)	0,4 (0,2 %)	28,9 (16,5 %)	8,9 (5,1 %)	14,0 (8,0 %)
2010	120,1 (68,4 %)	3,6 (2,0 %)	13,9 (7,9 %)	25,2 (14,4 %)	2,3 (1,3 %)	1,0 (0,6 %)	19,2 (10,9 %)	7,9 (4,5 %)	10,0 (5,7 %)

Provenance des fonds publics en millions de CHF pour les projets de recherche et de développement ainsi que les projets pilotes et de démonstration. (EPF = domaine : EPF Zurich, EPF Lausanne, Empa, PSI, Eawag, WSL ; FNS = Fonds national suisse ; CTI = Commission pour la technologie et l'innovation ; OFEN = Office fédéral de l'énergie ; IFSN = Inspection fédérale de la sécurité nucléaire ; SEFRI = Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation ; UE = Union européenne ; cant./cnes. = cantons et communes).

	2010	2011
Efficacité énergétique	71,5	96,0
Energie dans les bâtiments	12,3	15,1
Transports	9,5	18,3
Accumulateurs & supercondensateurs	2,7	1,7
Technologies et utilisations de l'électricité	10,1	12,9
Réseaux	4,9	6,0
Couplage chaleur-force (CCF)	1,3	1,3
Piles à combustible	7,1	16,2
Combustion	12,8	11,5
Centrale thermique 2020 et CCS	7,3	6,4
Technologie des procédés	3,6	6,6
Energies renouvelables	71,3	85,0
Énergie solaire	33,5	41,8
Chaleur solaire et stockage de chaleur	5,4	5,5
Photovoltaïque	17,3	21,4
Processus solaires à haute température	10,7	14,9
Hydrogène	14,9	15,8
Pompes à chaleur & froid	2,7	2,1
Biomasse & énergie du bois	9,2	12,7
Géothermie	6,8	5,9
Énergie éolienne	2,0	3,5
Force hydraulique	2,2	3,2
Energie nucléaire	51,0	50,0
Technique & sécurité nucléaires (Fission)	28,2	26,6
Sécurité nucléaire	19,4	17,4
Déchets radioactifs	5,4	5,4
Recherche prospective	3,4	3,8
Fusion nucléaire	22,8	23,4
Physique des plasmas, méthodes de chauffage	16,1	16,6
Technologies de la fusion	6,7	6,8
Thèmes transversaux	9,4	9,9
Energie, économie, société (EES)	7,6	6,8
Transfert scientifique & technologique (TST)	1,2	2,1
Coordination de la recherche énergétique	0,6	1,0
Totaux	203,2	240,9

Dépenses des collectivités publiques pour la recherche énergétique appliquée, y compris les projets pilotes et de démonstration en millions de francs suisses (valeurs nominales). Dans le domaine de la fusion nucléaire, on se consacre prioritairement à la recherche fondamentale ; mais à l'instar de la pratique internationale, les activités de recherche font malgré tout partie de la recherche énergétique. Quant aux projets interdisciplinaires, ils sont imputés au domaine de recherche dominant.



COLLABORATION INTERNATIONALE

La collaboration internationale dans la recherche énergétique a une priorité élevée en Suisse. L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) coordonne au niveau institutionnel ses programmes de recherche avec des activités internationales afin d'exploiter des synergies et pour éviter des duplications. La coopération et l'échange d'expérience dans le cadre de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) revêt une importance particulière. La Suisse participe à travers l'OFEN à plus de 20 programmes de l'AIE (Implementing Agreements, www.iea.org/techno/index.asp). Quant à la coopération européenne, la Suisse participe activement aux programmes-cadres de recherche de l'Union européen-

ne. Au niveau institutionnel l'OFEN coordonne la recherche énergétique suisse avec les activités européennes à travers la participation aux différents comités : les initiatives industrielles du plan stratégique européen pour les technologies énergétiques (plan SET), les réseaux de l'espace européen de recherche (ERA-NET), les plate-formes technologiques européennes, les initiatives technologiques conjointes (JTI), Euratom, etc. Dans certains domaines (« Smart Grids », la géothermie) il existe une coopération multilatérale intense avec différents pays individuels. (obs)

www.recherche-energetique.ch, www.sefri.admin.ch

Crédit photographique :

page de titre	Image microscope électronique à balayage de la structure de surface d'une cellule solaire à hétérojonction, CSEM Neuchâtel
page 0	La plus haute éolienne d'Europe au Col de Gries Griespass avec une puissance de 2,3 MW, SwissWinds Development GmbH
page 2	Installation solaire thermique à Yverdon-les-Bains avec des capteurs de SRB Energy pour la chaleur de processus, Colas SA
page 4,5	Belenos Clean Power Holding SA
page 6	Belenos Clean Power Holding SA
page 7,8	Office fédéral de l'énergie
page 9,10	Institut Paul Scherrer (PSI)
page 11	Holcim AG (en haut), Swisscom AG (en bas)
page 13	Installation pilote à Ait Baha (Maroc), Airlight Energy SA
page 14	Airlight Energy SA (en haut), Office fédéral de l'énergie (en bas)
page 15	Alpiq EnerTrans AG
page 16	Meteotest
page 17	Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (ewz)
page 18	Skat Consulting AG
page 19	Agroscope Reckenholz-Tänikon ART (en haut), Empa (en bas)
page 20	Solarer PlusEnergieBau (PEB) avec une installation PV monocristalline sur toit et une installation PV amorphe de façade, Heizplan AG
page 22	Le Centre de Recherches en Physique des Plasmas CRPP de l'EPFL fait passer des tests aux câbles supraconducteurs pour le futur réacteur de fusion nucléaire ITER avec des aimants dipolaires de 12,5 Tesla (EDIPO), développés en collaboration européenne, EPFL-CRPP
page 24	Université de Bâle
page 25	Fonte de déchets faiblement radioactifs, Siempelkamp Nukleartechnik GmbH
page 27	Office fédéral de l'énergie
page 29	Vue d'intérieur des du collecteur CSP d'Airlight Energy, Airlight Energy SA


Impressum :

Rédaction :

Dr. Stefan Oberholzer
Office fédéral de l'énergie
CH-3003 Berne
(stefan.oberholzer@bfe.admin.ch)

Contributions :

smr :	Dr. Rolf Schmitz (OFEN)	jok :	Dr. Klaus Jorde (Skat Consulting AG)
obs :	Dr. Stefan Oberholzer (OFEN)	hea :	Dr. Sandra Hermle (OFEN)
eca :	Andreas Eckmanns (OFEN)	faa :	Dr. Anne-Kathrin Faust (OFEN)
sig :	Dr. Gunter Sidiqqi (OFEN)	min :	Annina Michel (OFEN)
mom :	Dr. Michael Moser (OFEN)	brs :	Simone Brander (OFEN)
pum :	Martin Pulfer (OFEN)	mal :	Dr. Laurent Marot (Université de Bâle)
mak :	Dr. Katja Maus (OFEN)		



« Le Laboratoire d'Electrochimie à l'Institut Paul Scherrer (PSI) apprécie énormément le soutien de l'Office fédéral de l'énergie, car il facilite la réalisation de projets exploratoires à la limite entre recherche fondamentale et application, notamment d'une façon directe et non bureaucratique, ainsi promouvant l'innovation. »

Prof. Dr. Thomas J. Schmidt, directeur du Laboratoire d'Electrochimie (PSI) et du pôle de compétence en recherche énergétique (SCCER) «Storage».

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

www.recherche-energetique.ch
www.bfe.admin.ch/cleantech