



Contribution suisse à l'avenir énergétique: La recherche au Domaine des EPF



La présente publication s'adresse à tous ceux qui s'intéressent professionnellement ou à titre privé aux questions de mise en pratique des stratégies énergétiques actuelles. Elle montre que la recherche énergétique dans le Domaine des EPF est une tâche nationale, intégrée dans le contexte international. Elle examine divers chemins et systèmes possibles pour couvrir les besoins en énergie futurs, identifie des champs d'action importants dans ce domaine et renvoie à quelques projets de référence.

En effectuant de la recherche sur de nouvelles approches et procédés dans le complexe thématique de l'énergie, le Domaine des EPF contribue à surmonter le défi global du réchauffement climatique et développe en même temps le savoir-faire nécessaire afin d'optimiser l'approvisionnement en énergie et son utilisation en Suisse.

Une tâche nationale

La mission du Domaine des EPF couvre l'éducation, la recherche et le transfert technologique au service de la société. Dans le domaine de l'énergie, les objectifs supérieurs les plus importants sont la sécurité de l'approvisionnement, la minimisation des effets négatifs pour l'homme et l'environnement ainsi que les bénéfices pour l'économie nationale. Il en résulte des champs de tension avec des potentiels synergétiques et conflictuels. Le Domaine des EPF développe et optimise ses propositions en tenant toujours compte de la totalité du système.

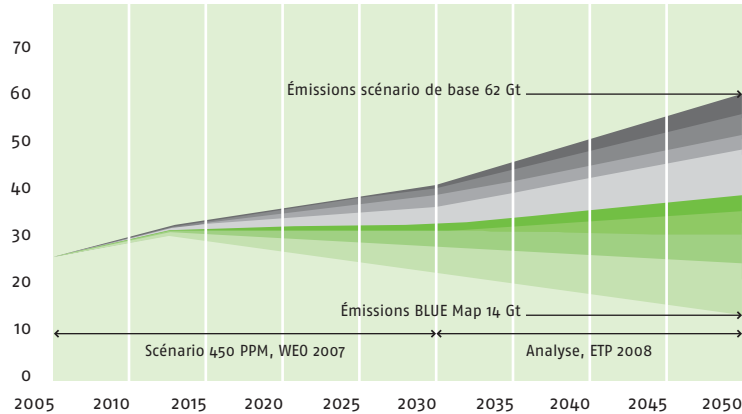
Importance internationale

L'utilisation d'énergie est directement couplée avec le changement climatique. Le quatrième rapport d'état du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) publié en 2007 montre de façon impressionnante que l'homme porte une grande part de responsabilité pour le changement climatique global et qu'une réduction rapide des émissions est indispensable. C'est le point de départ pour le World Energy Outlook 2008 de l'Agence Interna-

tionale de l'Énergie (AIE). L'Agence présente un portefeuille de mesures, grâce auxquelles on pourrait réussir à réduire de moitié la production globale de CO₂ jusqu'à 2050. L'UE aussi a formulé des objectifs ambitieux dans le même axe de poussée, et lors de la conférence au sommet des G8 en juillet 2008 les grandes nations industrialisées ont obtenu pour la première fois un consensus sur les démarches énergétiques à entreprendre dans cette direction.

Comparaison des scénarios: Sources d'économies de CO₂ selon l'AIE

Emissions (Gt CO₂)



- Captage et stockage du CO₂ (CSC) produit par l'industrie et la transformation 9%
- CSC dans la production d'électricité 10%
- Énergie nucléaire 6%
- Énergies renouvelables 21%
- Augmentation de l'efficacité/ changement des vecteurs énergétiques dans la production d'électricité 7%
- Changement des vecteurs énergétiques dans la consommation finale d'énergie 11%
- Augmentation de l'efficacité dans la consommation finale d'électricité 12%
- Efficacité des combustibles dans la consommation finale 24%

Dans le scénario de base de l'AIE, la production globale de CO₂ -aurait augmenté de 28 à 62 milliards de tonnes par an d'ici l'an 2050. Ceci est diamétralement opposé à l'objectif de protection du climat qui prévoit une réduction de 50% de la production de CO₂. Le scénario BLUE Map montre comment une combinaison de mesures (efficacité dans l'utilisation et la production d'électricité, changement des combustibles, énergies renouvelables, énergie nucléaire, captage et stockage du CO₂ (CSC)) permettrait d'atteindre cet objectif.

(Modèle pour la figure: Agence Internationale de l'Énergie AIE)

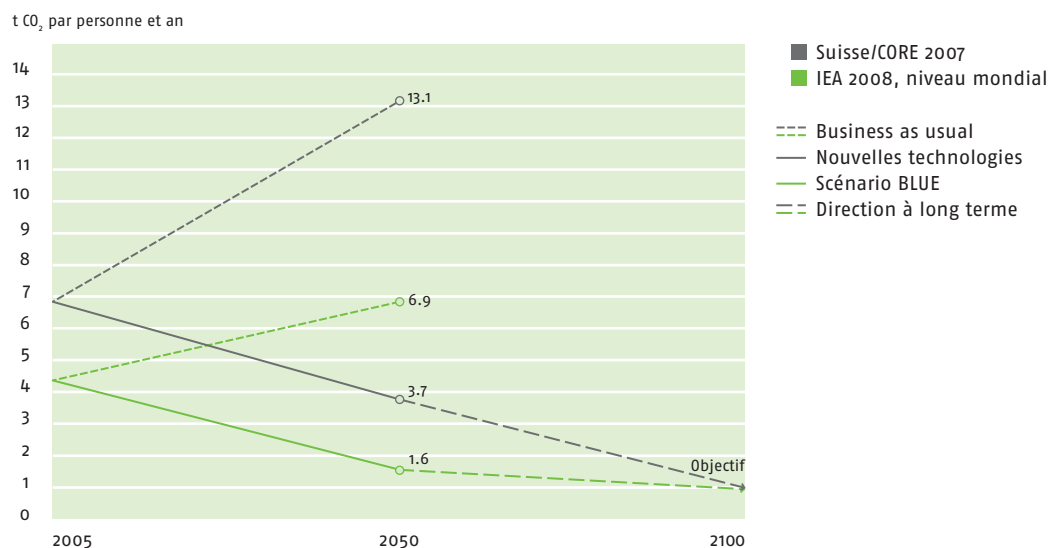
La recherche énergétique du Domaine des EPF définit ses objectifs en pleine connaissance de ces initiatives internationales et en accord avec elles tout en tenant compte des particularités et des possibilités de la Suisse.

Les efforts portent sur toutes les étapes de la chaîne de transformation d'énergie. La consommation des vecteurs énergétiques nécessaires (surtout fossiles) ainsi que d'autres ressources non renouvelables doit être minimisée. En même temps on réduit la production des gaz à effet de serre, des déchets solides et des polluants de l'air, du sol et de l'eau.

À partir de la seconde moitié du 21^{me} siècle les tendances doivent aller de façon univoque et irréversible vers les directions suivantes:

- La demande en énergie primaire de la Suisse est réduite d'un facteur 2 à 3.
- La production de CO₂ est réduite à une tonne par personne et an.
- Les émissions des polluants et les déchets ne sont pas critiques pour l'homme et l'environnement.
- Les flux de matières entraînés par la production d'énergie sont nettement inférieurs à ceux d'aujourd'hui; en particulier les cycles de vie des matériaux sont fermés.

Développements et valeurs-cibles



Développements possibles pour la production normalisée de CO₂ (en tonnes de CO₂ par personne et an): Le scénario de base prévoit aussi bien pour le monde entier que pour la Suisse (hypothèse: technologies figées) une augmentation des émissions. L'objectif de protection du climat, auquel la stratégie du Domaine des EPF contribue, comporte un abaissement significatif d'ici l'an 2050 pour aboutir finalement à une convergence avec le monde en direction d'une tonne de CO₂ par personne et an.

(Modèles pour la figure: IEA et Commission Fédérale pour la Recherche Énergétique CORE)

Les hypothèses de base

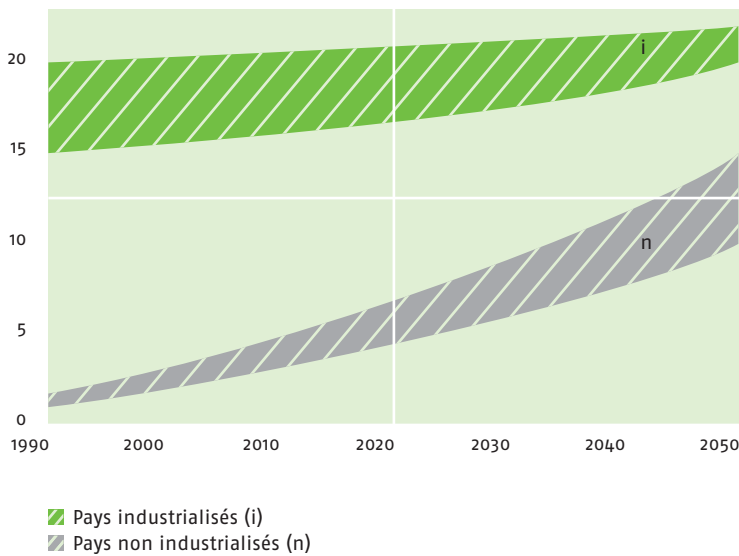
Sur la base des scénarios du GIEC le Domaine des EPF présume que la population mondiale se stabilisera entre 9 et 10 milliards d'individus d'ici l'an 2100. Pendant ce temps l'utilisation des services énergétiques dans les pays en voie de développement et les pays émergents s'approchera de celle des pays industrialisés. En parallèle, la prestation des services énergétiques dans les pays industrialisés doit devenir économiquement et écologiquement durable. L'abandon des combustibles fossiles limités et l'utilisation des vecteurs énergétiques alternatifs seront nécessaires pour, entre autres, des raisons économiques et géopolitiques.

4

5

Les services énergétiques poussent le développement économique

Services énergétiques (valeurs relatives)

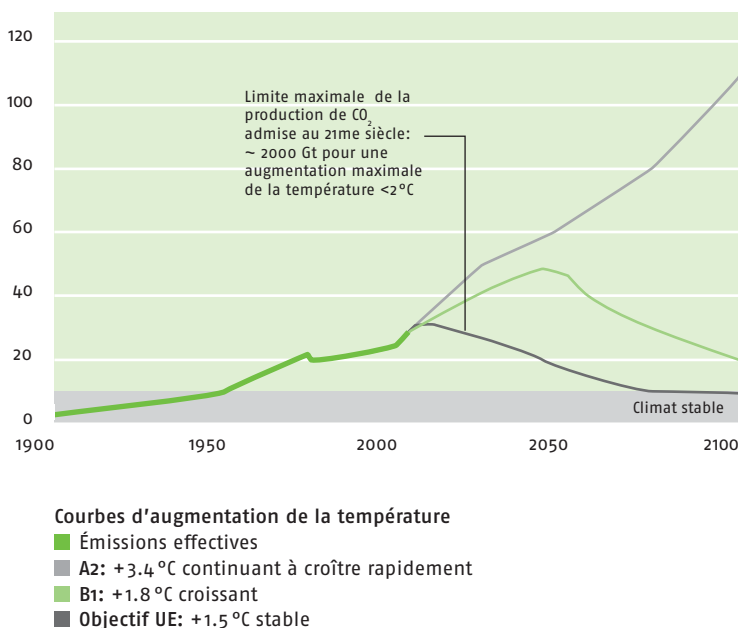


Afin d'assurer la qualité de vie et le développement économique notre société n'a pas besoin d'énergie en soi, mais plutôt des services énergétiques. La vision d'un développement global durable prévoit que les pays industrialisés maintiennent leurs services énergétiques stables, tandis que les pays émergents et les pays en voie de développement augmentent les services disponibles en partant d'un niveau plus bas, de façon que vers la fin du siècle une convergence soit atteinte.

(Modèle pour la figure: Institut Paul Scherrer PSI)

Émissions de CO₂ et changement de température

Émissions de CO₂ (Gt CO₂)



La direction globale des émissions de CO₂ déterminera le changement de température au 21^{ème} siècle. Sans prise de mesures (Scénario A2 du GIEC) la température augmenterait de 3.4 degrés de plus au cours de ce siècle, avec une tendance croissante. Le scénario B1 de gestion écologique réduit le réchauffement mais n'atteint non plus une stabilisation. Afin d'atteindre l'objectif de protection climatique de l'UE (2 degrés au maximum par rapport à la valeur préindustrielle), on n'a droit qu'à un total de 2000 milliards de tonnes de CO₂ émises pendant ce siècle, et la production doit être abaissée jusqu'à la fin du siècle à 10 milliards de tonnes par an.

(Modèles pour la figure: ETH Zurich, ProClim et Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat GIEC)

Les voies d'abaissement pour la Suisse

La population suisse exige aujourd'hui un flux énergétique primaire de 6500 Watts par personne. Ceci correspond à environ 9 tonnes de CO₂ émises par personne et an¹. L'ensemble de la planète se situe considérablement plus bas, l'Europe, à cause de la structure de son économie, quelque peu plus haut. L'objectif global de 1 tonne de CO₂ par personne et an à atteindre d'ici la fin de ce siècle impose une réduction substantielle de l'utilisation d'énergie primaire.

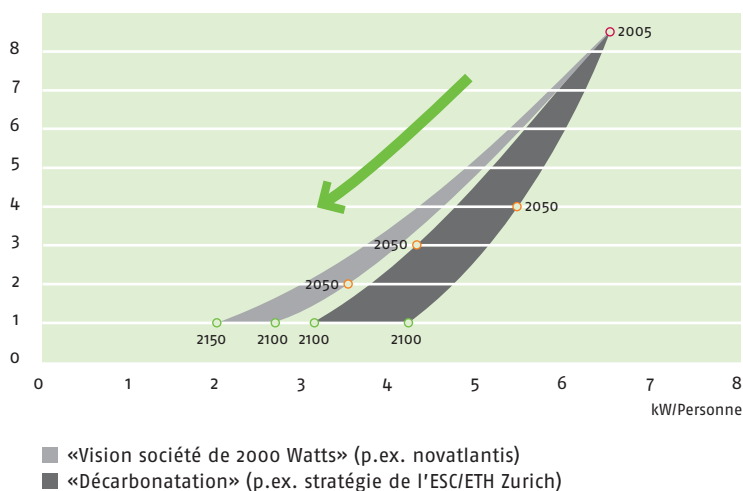
Afin d'atteindre les objectifs précités, on peut suivre plusieurs chemins. La «vision d'une société de 2000 Watts» porte son attention principale sur l'abaissement de la consommation d'énergie par personne² comme donnée directrice, tout en gardant un œil sur la réduction des émissions de CO₂. L'Institut Paul Scherrer (PSI) a signalé³ l'importance de formuler des objectifs intermédiaires réalistes pour l'abaissement concerté de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂. Ce chemin de «décarbonation» souligne l'urgence d'une réduction des émissions de CO₂ et concède une plus grande liberté d'action en ce qui concerne la consommation d'énergie par personne. Toutes les études renvoient à la nécessité de réduire la production de CO₂ de façon significative

en vue de la protection globale du climat⁴. C'est l'Energy Science Center (ESC) de l'ETH de Zurich qui soutient le plus explicitement cette stratégie en mettant la priorité sur l'objectif «1 tonne de CO₂»⁵. Ensemble, ces chemins forment la stratégie d'une consommation d'énergie aussi rationnelle que possible tout en réduisant en même temps l'utilisation des combustibles et carburants fossiles.

La recherche effectuée dans le sein du Domaine des EPF porte en conséquence sur une multitude d'options, qui selon le thème et le domaine contribuent à atteindre l'un des objectifs ou tous les deux. Vu le caractère ambitieux des cibles visées, une approche à plusieurs points d'appui est absolument nécessaire.

Les voies d'abaissement pour la Suisse

t CO₂ par personne et an



Afin d'abaisser les valeurs aujourd'hui élevées du flux d'énergie primaire et de la production de CO₂ par personne (à droite/en haut) on peut suivre plusieurs chemins (vers le bas, à gauche).

(Calculs et données selon PSI, ESC, novatlantis et CORE)

¹ Ces chiffres tiennent compte uniquement des charges pour l'extraction des vecteurs énergétiques jusqu'au site d'extraction, mais pas du bilan énergétique des autres biens et services échangés au moyen du commerce extérieur.

² L'expression de la consommation d'énergie par personne nécessite une définition exacte. Ici l'on considère les charges énergétiques cumulées (CEC). Celles-ci tiennent compte de toutes les dépenses d'énergie qui se présentent jusqu'à la mise à disposition d'un vecteur énergétique chez le client final. La voie d'abaissement «vision société de 2000 Watts» se base sur des chiffres de la banque de données ecoinvent 2.0 selon le document de méthodologie «société de 2000 Watts». Une marge de fluctuation comme celle visible pour la décarbonation résulte des différentes approches sur la façon de tenir compte du rendement de la première étape de transformation des énergies renouvelables. Pour des énergies renouvelables de disponibilité stochastique on doit en plus faire le bilan des pertes lors du stockage. L'écart dans la consommation d'énergie en l'an 2100 montre la variante la plus optimiste quant à l'efficacité énergétique (on peut atteindre en général des valeurs jusqu'à plus de 5 kW par personne). Les coûts acceptés par la société pour les services énergétiques constituent un facteur additionnel important.

³ Le Point sur l'Énergie no. 18, PSI, avril 2007

⁴ Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Quatrième Rapport d'Évaluation, 2007

⁵ Stratégie Énergétique pour l'ETH Zurich, février 2008

Le système énergétique de demain

Le système énergétique à développer devrait couvrir les besoins en services énergétiques de façon durable et climatiquement neutre. Une augmentation de l'efficacité, l'utilisation des énergies pauvres en CO₂, la promotion des énergies renouvelables et la substitution des vecteurs énergétiques fossiles sont indispensables. L'optimisation nécessaire de la demande en énergie sera épaulée par le développement des alternatives aux services énergétiques conventionnels.

6

7

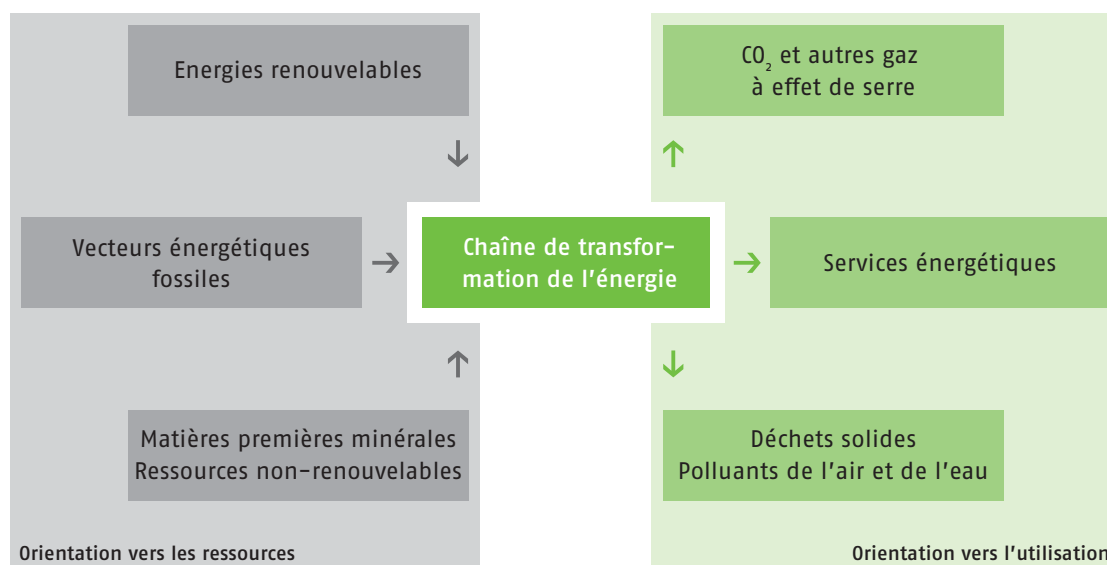
Le Domaine des EPF effectue de la recherche fondamentale sur tous les maillons de la chaîne énergétique et développe des technologies qui sont durables selon des critères d'économie politique, socioéconomiques et environnementaux. On poursuit des stratégies d'efficacité et de substitution ainsi que des éléments des stratégies de suffisance:

- Amélioration du rendement de l'utilisation de l'énergie
- Substitution des vecteurs énergétiques fossiles par des vecteurs exempts de ou pauvres en CO₂
- Optimisation de la demande des services énergétiques

Activités orientées vers les ressources

On aspire à la mise en disposition des nouvelles ressources énergétiques écophiles. En même temps on doit minimiser la consommation des vecteurs énergétiques fossiles et des matières premières non renouvelables. La «vision d'une société de 2000 Watts» familière au public est un premier exemple qui, afin d'atteindre ces objectifs, mise sur des changements dans la gestion des services énergétiques et l'implémentation conséquente des technologies efficaces et en grande partie connues. À longue échéance, on devrait pouvoir économiser deux tiers des besoins actuels en énergie primaire.

La chaîne énergétique



Les services énergétiques (voir page 5) sont mis à disposition à partir de différentes énergies primaires au moyen de plusieurs étapes de transformation. Du point de vue de la sécurité d'approvisionnement et de la protection de l'environnement et du climat il faut minimiser la consommation des vecteurs énergétiques fossiles, des matières premières minérales et des ressources non renouvelables ainsi que le dégagement des gaz à effet de serre, polluants et déchets. Le point de départ des stratégies adéquates peut se situer aux deux bouts de la chaîne énergétique.

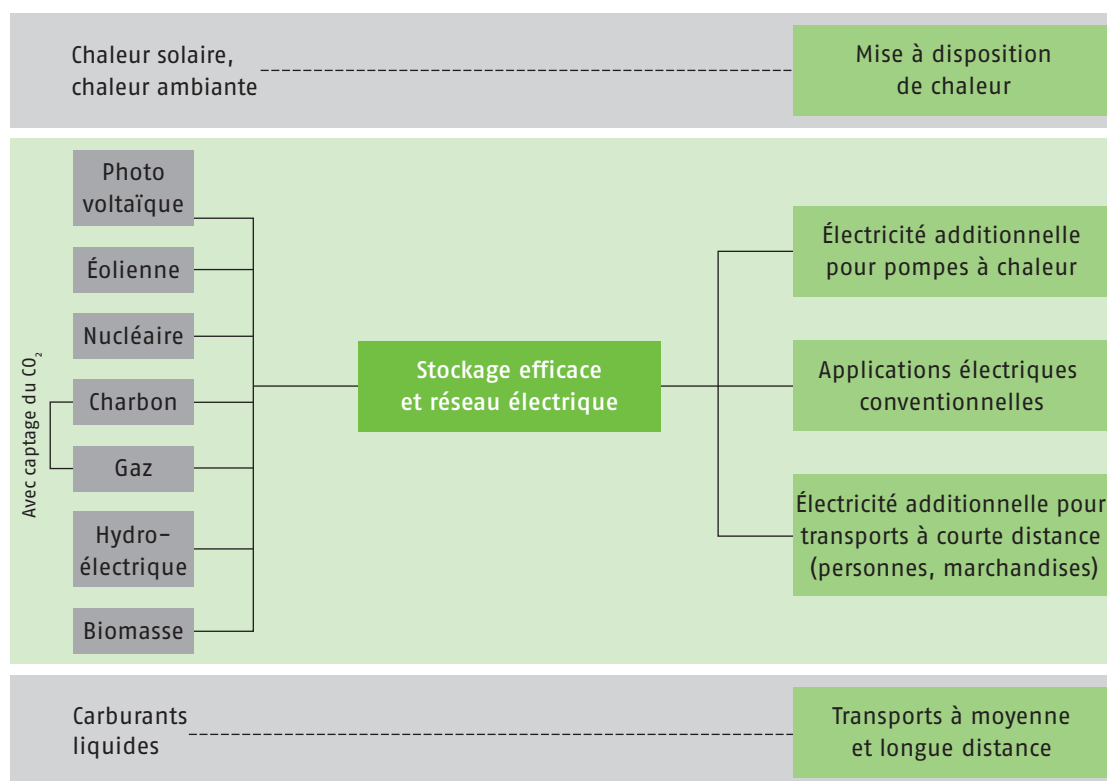
(Modèle pour la figure: PSI)

Travaux sur les conséquences de l'utilisation de l'énergie

Ici on se concentre sur la minimisation de la production des gaz à effet de serre ainsi qu'un dégagement réduit de déchets et polluants au sol, dans l'eau et dans l'air en tenant compte de l'ensemble de la chaîne énergétique. La valeur de référence pour le premier objectif s'élève à 1 tonne de CO₂ produite par personne et an; des

calculs basés sur les recommandations du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat montrent qu'elle est nécessaire afin de limiter le réchauffement de l'atmosphère au cours du 21^{me} siècle à moins de 2°C. Des stratégies d'efficacité et de substitution utilisant aussi des technologies radicalement nouvelles sont au premier plan. Le développement technologique ouvre des grandes possibilités pour l'économie suisse.

Rôle clé de l'électricité



Un rôle clé incombe à l'électricité lorsqu'il s'agit d'augmenter l'efficacité du système énergétique. On peut produire de l'électricité à partir d'un large éventail d'énergies primaires. Outre les applications connues, elle peut assumer en plus un rôle utile dans le trafic à courte distance. L'électricité est importante pour le fonctionnement des pompes à chaleur, qui, ensemble avec la chaleur solaire, doivent substituer les énergies fossiles pour le chauffage des locaux.

(Modèle pour la figure: ETH Zurich)

Champs d'action et projets

Le Domaine des EPF effectue de la recherche sur de nombreuses questions du complexe «Énergie» et développe diverses approches pour leur solution. Dans ce but, un travail trans- et interdisciplinaire est absolument nécessaire. Plus de cent équipes de recherche travaillent sur des projets dans le domaine de l'énergie. Bon nombre de ces projets évoluent avec le concours constructif de l'économie et des autorités et créent un grand nombre de chances pour la place économique Suisse.

Dans le Domaine des EPF on trouve des champs d'action et des projets tout le long de l'ensemble de la chaîne énergétique. On y travaille sur des solutions viables depuis l'énergie primaire jusqu'aux services énergétiques.

Production des vecteurs énergétiques

Au centre de l'intérêt on trouve toute la gamme de ressources disponibles, renouvelables et non-renouvelables. Pour l'utilisation des vecteurs fossiles comme le charbon dans le contexte européen et mondial on examine les possibilités de captage et stockage du dioxyde de carbone. Pour les ressources renouvelables la recherche porte sur diverses possibilités d'utilisation de l'énergie solaire et de la biomasse en complément de la force hydraulique. Pour la production centralisée d'électricité dans des centrales de grande puissance la recherche concerne l'énergie nucléaire, les turbines à gaz pour des centrales à cycle combiné et, dans l'avenir, l'option de la fusion.

Hydroélectricité

La Suisse doit son haut pourcentage en énergies renouvelables dans son approvisionnement en électricité à l'expansion de la force hydraulique. Le Laboratoire d'Hydraulique, Hydrologie et Glaciologie (VAW) de l'ETH Zurich, le Laboratoire des Machines Hydrauliques (LMH) et le Laboratoire des Constructions Hydrauliques (LCH) de l'EPFL sont à la tête des développements des concepts innovants pour la production hydroélectrique et de la conception des centrales à accumulation par pompage. Celles-ci contribuent substantiellement à l'intégration dans le système énergétique de l'électricité produite de façon intermittente par des installations éoliennes et photovoltaïques.

Biomasse

On devrait pouvoir substituer autant que possible les dérivés du pétrole en tant que carburants pour le trafic. Le PSI développe à ce but des pro-

ductions de méthane comme biocarburant de la deuxième génération. Dans le cadre du projet «méthane à partir du bois» on transforme des déchets et sous-produits de bois et le bois usagé en gaz de synthèse au moyen d'une gazéification thermique et ensuite on transforme ce dernier en méthane par un procédé catalytique à un palier. La recherche porte sur l'épuration à chaud du gaz de synthèse, le dimensionnement du réacteur en lit fluidisé pour la méthanisation ainsi que le traitement du gaz produit pour obtenir une qualité compatible avec le réseau gazier. Le WSL avec son modèle de simulation livre les données nécessaires sur les potentiels disponibles en bois forestier. Ce procédé est à la veille de son introduction sur le marché par un partenaire industriel.

Énergie nucléaire

La production d'électricité à partir de l'énergie nucléaire combine les connaissances sur la structure quantique des noyaux atomiques avec les lois de la thermodynamique et la maîtrise de la mécanique des fluides. Le PSI concentre ses travaux de recherche sur la compréhension exacte des processus de physique neutronique dans le cœur du réacteur, sur une évacuation de la chaleur hautement fiable, p. ex. au moyen de systèmes de refroidissement passifs, et sur la prédiction du comportement des matériaux sous contraintes permanentes, exposition aux rayonnements et cycles thermiques. Les résultats contribuent au fonctionnement sûr et efficace des centrales nucléaires actuelles et font croître la durabilité de la technologie par l'étude des concepts de réacteurs innovants. L'environnement académique du Domaine des EPF ainsi que les installations nucléaires techniques et analytiques du PSI forment la base pour l'éducation de la relève scientifique et des jeunes ingénieurs dans le domaine de la technologie nucléaire.

Fusion contrôlée

Le Centre de Recherches en Physique des Plasmas (CRPP) de l'EPFL avec son site principal à Lausanne et des laboratoires et grandes installations additionnels au PSI représente la Suisse dans le programme d'Euratom et contribue à l'objectif de réaliser un premier réacteur de fusion complètement fonctionnel pour la production d'électricité. Une compétence clé de ce Centre d'Excellence est la meilleure compréhension du contrôle du plasma dans les réacteurs de fusion futurs.

Photovoltaïque

L'amélioration des photovoltaïques à couche mince est au centre des projets de diverses institutions. A ce but on effectue de la recherche sur la technologie des couches minces basées sur le silicium, sur les chalcogènes semi-conducteurs, les cellules solaires à base de colorants et des cellules PV organiques. Dans le cadre du projet «ThinPV» du CCEM, les groupes de l'Empa, EPFL, ETHZ, IMT Neuchâtel et divers partenaires privés actifs dans le domaine de la recherche photovoltaïque travaillent ensemble avec des entreprises industrielles. On profite des synergies dans le domaine de la modélisation et des techniques d'analyse et on peut évaluer et satisfaire les besoins d'éducation entre les différentes techniques.

Transformation et stockage

De nombreux projets se consacrent à des questions d'efficacité lors de la transformation des vecteurs énergétiques en énergie utile. Cela comprend des convertisseurs d'énergie sur la base des procédés de combustion, des groupes propulseurs pour des systèmes de transport et des modules pour l'alimentation en électricité des appareils portables. Dans le contexte de l'augmentation de l'efficacité, une grande importance revient à la mise à disposition des options pour le stockage d'énergie à diverses échelles, mais aussi au développement des lignes de distribution.

Moteurs à combustion

Les institutions du Domaine des EPF poursuivent plusieurs projets sur les turbines à gaz et les moteurs de combustion interne. Dans le cadre du projet CELaDE (Clean and Efficient Large Diesel Engines) du CCEM, l'ETH Zurich, le PSI et l'Empa travaillent sur des propulsions navales d'une efficacité accrue (production de CO₂ réduite, émissions de polluants minimales). Des entreprises industrielles de pointe comme Wärtsilä Schweiz AG, ABB Turbo Systems AG et Kistler AG y participent. Le banc d'essai pour grands moteurs nécessaire à ces travaux se trouve au PSI, financé par des fonds propres des institutions et du CCEM. D'autres contributions proviennent d'un prêt du Canton d'Argovie et le 7me programme cadre de l'UE.

Le gaz naturel comme carburant

Le méthane présente de très bonnes qualités de carburant pour des moteurs à combustion. Des systèmes de propulsion au méthane ont un potentiel d'augmentation de leur efficacité d'au moins 10%. Du méthane biogène peut être extrait des déchets organiques, des stations d'épuration, du lisier et du bois, ce qui augmente encore plus la valeur ajoutée et la réduction de CO₂ indigène. L'Empa et l'ETH Zurich effectuent des recherches sur des systèmes de propulsion au méthane de basse consommation et avec un minimum d'émissions en coopération avec des grands fabricants d'automobiles et des entreprises de sous-traitance.

Systèmes propulseurs pour véhicules hybrides à pile à combustible

Pour le succès commercial des véhicules efficaces à pile à combustible des percées au niveau des coûts et de la longévité sont nécessaires. Le PSI contribue à la production de membranes stables comme électrolytes solides, à des innovations sur l'assemblage des piles ainsi qu'à des



concepts visant à la simplification de l'ensemble du système. La diagnose et la caractérisation des piles à combustible sous conditions opérationnelles livrent des indications décisives pour leur développement. Pour la réalisation de la technologie en collaboration avec des partenaires industriels, une joint venture existe entre PSI et Belenos Clean Power.

Électrification des transports individuels

Nettement moins d'émissions régionales de polluants, une réduction massive de la production de CO₂ par le trafic individuel, exposition de la stabilité nécessaire du réseau électrique et énergies renouvelables dans le système de mobilité: Ce sont les objectifs que visent dans l'exemple de l'agglomération zurichoise l'Institut pour la Planification et Systèmes de Transport, l'Institut pour le Transport d'Énergie Électrique et le Laboratoire pour l'Aérothermochimie et les Systèmes de Combustion de l'Institut pour les Technologies Énergétiques, tous à l'ETH Zurich. Ils travaillent sur des propulsions hybrides «plug-in» pour des voitures qui «font le plein» avec de l'électricité pauvre en CO₂.

Des matériaux pour la transformation et le stockage

Dans le domaine de la thermoélectricité l'Empa développe des oxydes nanostructurés, thermoélectriquement actifs, conducteurs p et n. Ils sont employés dans des démonstrateurs thermoélectriques d'un nouveau type, afin de tester leur usage pour la transformation directe en électricité du rayonnement solaire, de la chaleur géothermique ou de la chaleur résiduelle des moteurs. L'hydrogène, en tant que vecteur énergétique de synthèse, exige le développement des matériaux pour sa production efficace et son stockage compact. La Division Hydrogène & Énergie à l'Empa étudie l'interaction de l'hydrogène avec les solides et les nanostructures. De nouveaux hydrures

complexes permettent de stocker l'hydrogène avec une densité plus que double par rapport à celle de l'hydrogène liquide.

Services énergétiques pour la société

Utilisation de l'énergie dans les bâtiments

Plus que la moitié de l'énergie consommée en Suisse est utilisée dans les bâtiments privés et commerciaux. Des optimisations dans ce secteur sont donc d'une importance cruciale. Ce qu'on cherche ce sont des technologies innovantes pour les nouvelles constructions ainsi que des concepts efficaces pour l'assainissement énergétique et la rénovation des anciens immeubles. L'Empa en fait un point principal de sa recherche. Dans le cadre du projet «Advanced Energy-Efficient Renovation of Buildings» elle travaille en collaboration avec l'ETH Zurich, l'EPFL, le PSI, les Hautes Écoles du Nord-Ouest Suisse et de la Suisse Centrale ainsi que plusieurs partenaires industriels, afin de rendre possibles des rénovations énergétiquement efficaces pour divers types de bâtiments. De plus on développe un instrument de calcul qui aide les processus décisionnels relatifs à l'énergie et l'économie. Ce projet est fortement intégré dans des activités internationales.

Systèmes de mobilité

En complément des projets sur les carburants alternatifs et les nouveaux systèmes de propulsion, divers groupes du Domaine des EPF étudient le thème «mobilité» et ses répercussions sur la planification du trafic, le développement d'un système de transport multimodal, l'utilisation de la technologie informatique et l'aménagement du territoire à long terme. En ce qui concerne l'évolution de la demande pour les transports, les questions importantes sont les préférences sociales et la diffusion des innovations techniques.

Des services pour l'industrie

La production industrielle offre de nombreuses possibilités d'abaisser la consommation d'énergie au moyen d'une conception du produit et des procédés innovants. Sur cette tâche importante et à multiples facettes, les institutions du Domaine des EPF collaborent avec des grandes, moyennes et petites entreprises dans le cadre de projets variés.

Importance de l'eau pour l'énergie

La production des denrées alimentaires, les besoins en eau et la consommation d'énergie sont étroitement couplés. C'est l'Eawag, l'Institut des Recherches Aquatiques du Domaine des EPF qui s'occupe des questions de l'eau et des effluents. Elle travaille sur des questions d'importance énergétique dans le domaine de l'utilisation des eaux, de la gestion des eaux urbaines ainsi que sur des études pour l'approvisionnement global en eau.

Analyses des systèmes énergétiques

L'analyse des impacts des chaînes énergétiques et des cycles de produits au sens d'un cycle de vie complet a une longue tradition au PSI (énergie) à l'Empa (matériaux) et les deux Écoles Polytechniques (chimie, procédés, méthodes) et continue à être développée dans le cadre de compétence commune «ecoinvent». L'Empa, le PSI et l'EPFL ont une intense collaboration sur l'évaluation stratégique des biocarburants (projet «Second Generation Biogas» du CCEM). Ces activités sont complétées par l'analyse des risques des systèmes techniques et le développement de scénarios pour l'approvisionnement en énergie au 21^{me} siècle au moyen des méthodes d'énergie-économie (PSI et ETH Zurich).

Partenariat avec les communes

Bâle, Zurich et Genève sont des villes-partenaires de «novatlantis – Durabilité dans le Domaine des EPF». Ici, les connaissances les plus récentes du Domaine des EPF sont ancrées dans le quotidien, par exemple les véhicules au gaz naturel CLEVER, des véhicules à pile à combustible alimentée d'hydrogène, des matériaux de construction et des technique d'assainissement de type nouveau ou les techniques les plus modernes d'approvisionnement en énergies renouvelables. Afin d'ancrer les visions énergétiques du Domaine des EPF au niveau international, novatlantis a fondé en 2006 l'«ISCN – International Sustainable Campus Network». Aujourd'hui plus de soixante-dix universités du monde entier en font partie.

Recherche et société

La politique climatique traîne loin derrière ses possibilités. L'EPF Lausanne, Eawag ainsi que l'Institut pour Décisions Environnementales et le Département de Gestion, Technologie et Économie (tous les deux à l'ETH Zurich) étudient les causes du décalage entre les connaissances sur le climat et les actions pour sa protection. Ils développent des propositions sur des innovations technologiques et institutionnelles qui peuvent freiner le changement climatique, en incluant dans leurs analyses les pays industrialisés, les pays en voie de développement et les pays émergents.

Tour d'horizon des projets

Le Domaine des EPF a fait en 2005 l'inventaire de sa recherche énergétique qu'il a documenté dans la publication «Energy Research in the ETH Domain». Le portefeuille comporte plus de 500 projets et évolue de façon dynamique. Un fichier PDF de cette publication peut être téléchargé sous www.ethrat.ch/content/energie.php.

Plateformes interdisciplinaires du Domaine des EPF

Les questions énergétiques sont extrêmement complexes. L'interaction entre sciences naturelles et les sciences d'ingénieur de différents domaines a traditionnellement une grande valeur. De surcroît, plusieurs initiatives sont en cours au sein du Domaine des EPF qui se penchent sur le système énergétique suisse de façon inter- et transdisciplinaire vu sa dimension globale. Quelques exemples:

- En 1998 le Conseil des EPF lance la «Stratégie Durabilité». Sa réalisation est soutenue par l'initiative «novatlantis» et le projet «vision d'une société de 2000 Watts» de cette dernière. Depuis l'an 2000 novatlantis s'engage avec des partenaires de la science, l'économie, l'administration et la politique, pour que les connaissances et les technologies ménageant les ressources soient utilisées et rependues dans la société.
- Les deux Écoles Polytechniques on crée un Centre Énergétique: En 2005 naît au sein de l'ETH Zurich l'Energy Science Center. Il se compose de plus de 40 groupes de recherche provenant de 12 des 16 Départements que l'ETH comporte au total, ce qui permet une recherche et un enseignement interdisciplinaire. En 2007 l'EPF Lausanne aussi réunit ses compétences dans un Energy Center interdisciplinaire.
- À l'Institut Paul Scherrer les activités dans le domaine des analyses des systèmes énergétiques sont rassemblées en 2006 dans un Laboratoire géré de commun par les Départements Énergie Générale et Énergie et Sécurité Nucléaire.
- En 2006 et suivant une suggestion du Conseil des EPF sont établis au sein du Domaine des EPF entre autres les Centres de Compétence CCES (Competence Center Environment and Sustainability), CCMX (Competence Center for Materials Science and Technology) et CCEM (Competence Center Energy and Mobility). Ce dernier rassemble et coordonne sous la responsabilité et des institutions de recherche suisses dans le domaine «énergie et mobilité».

12

13



Le temps presse

Si l'on doit stabiliser le réchauffement climatique et assurer l'approvisionnement en énergie de l'humanité avec des vecteurs énergétiques durables d'ici l'an 2100, on doit prendre dès aujourd'hui des décisions, dont les conséquences n'affecteront que les générations à venir.

En connaissance des nombreux champs de tension de nature technique, idéologique et politique autour de la question de l'énergie, le Domaine des EPF se considère comme un département de recherche et développement de la Suisse, comme esprit de tête scientifique sans préjugés et comme sparring-partner technique des divers groupements d'intérêts.

En plus nous sommes invités en tant qu'individus de mettre notre consommation d'énergie personnelle sur le banc d'essai. En tant que citoyennes et citoyens nous sommes intégrés dans la responsabilité pour la définition des conditions limites et c'est notre tâche en tant que scientifiques de trouver et montrer en notre âme et conscience les chemins viables de l'avenir.

Notions utiles:

- **Énergie primaire:** Énergie que l'on prélève dans la nature, y compris l'énergie nécessaire à l'extraction.
- **Énergie grise importée:** Utilisation d'énergie depuis la fabrication d'un produit jusqu'à l'élimination de ses déchets ayant lieu hors du pays, dans lequel ce produit est consommé.
- **Énergie finale:** Vecteurs énergétiques négociés commercialement, p.ex. fuel-oil domestique, essence/diesel, gaz naturel, pellets de bois, électricité, chauffage urbain.
- **Énergie utile:** Forme d'énergie utilisée en fin de compte, p.ex. énergie de chauffage par le radiateur, lumière d'éclairage, énergie de locomotion sur la roue d'un véhicule.
- **Services énergétiques:** Prestations ayant besoin de l'intervention des moyens techniques consommant de l'énergie (p.ex. température dans les locaux, traitement de l'information, déplacement individuel d'une personne de A à B avec un volume de bagages x).
- **Stratégie d'efficacité:** Minimise les pertes de transformation dans toutes les étapes de transformation depuis l'énergie primaire jusqu'au service énergétique.
- **Stratégie de substitution:** L'intensité en CO₂ de l'énergie finale (kg CO₂/MJ) est réduite en remplaçant les vecteurs énergétiques riches en CO₂ par d'autres, pauvres en CO₂. Ce procédé représente une «décarbonation» du système énergétique.
- **Stratégie de suffisance:** Les individus remplacent délibérément des services intensifs en énergie par d'autres nécessitant moins d'énergie (p.ex. vidéoconférence au lieu d'un voyage en avion).



Publications du Domaine des EPF sur l'état des travaux:

- novatlantis news update
- PSI Le Point sur l'Énergie
- Stratégie Énergétique de l'ESC: Rapport de l'Energy Science Center de l'ETH Zurich, février 2008

Manifestations:

- Energietrialog Suisse
- novatlantis Bauforum
- Colloques de l'ESC
(tous les 14 jours pendant les semestres)
- Séminaires suisses sur l'état de la recherche énergétique et environnementale dans le bâtiment, Empa/brenet
- Conférences et Congrès Internationaux
Une sélection d'exemples:
 - Smart Energy, Zurich, biannuelle, ESC
 - International Advanced Mobility Forum IAMF, Genève, annuelle, coorganisateur PSI
 - R'09 Twin World Congress, biannuelle, Davos/Nagoya, co-organisateur Empa

Un groupe de travail du Domaine des EPF a été responsable du contenu de la présente publication.

- Prof. Dr. Alexander Wokaun, Institut Paul Scherrer PSI, Directeur du Département de Recherche Énergie Générale, Membre du Directeur du PSI (direction du groupe de travail)
- Prof. Dr. Konstantinos Boulouchos, ETH Zurich, Directeur du Laboratoire d'Aérothermochimie et Systèmes de Combustion, Directeur de l'Energy Science Center
- Dr. Philipp Dietrich, Institut Paul Scherrer PSI, Competence Center Energy and Mobility CCEMCH, Directeur Exécutif
- Prof. Dr. Hans-Björn Püttgen, EPF Lausanne, Energy Systems Management Chair, Directeur de l'Energy Center
- Dr. Veronika Stöckli, Institut Fédéral de Recherches sur la Forêt, la Neige et le Paysage WSL, Direction du Programme CO₂
- Roland Stulz, novatlantis, Directeur Exécutif
- Mark Zimmermann, Institut d'Essai et de Recherche des Matériaux Empa, Directeur Technologies de Construction

Mentions légales

Éditeur

Conseil des EPF
CH-8092 Zurich

Contenu

CCEM (Competence Center Energy and Mobility)
Prof. Dr. Alexander Wokaun et groupe de travail du Domaine des EPF

Direction du projet/Rédaction

Markus Bernhard, État-major du Conseil des EPF
Barbara Trautweiler, Projets, Zurich

Mise en page et production

BrandNew, Zurich

© 2008 Conseil des EPF

Cette brochure existe aussi en langue allemande et anglaise.

Conseil des EPF

ETH Zentrum

CH-8092 Zurich

Tel. +41 (0)44 632 20 50

Fax +41 (0)44 632 11 90

www.ethrat.ch



CONSEIL DES EPF

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

PAUL SCHERRER INSTITUT



Eidg. Forschungsanstalt für Wald,
Schnee und Landschaft WSL



Materials Science & Technology

eawag
aquatic research