

# LE POINT SUR L'ÉNERGIE

## DES FAITS POUR LA POLITIQUE ÉNERGETIQUE DE DEMAIN

### La société à 2000 Watt: Norme ou panneau indicateur?

**Notre approvisionnement en énergie n'est pas durable. La consommation d'énergie est élevée dans les pays développés et augmente très vite dans ceux récemment industrialisés. Pétrole, charbon et gaz naturel dominant et chavirent le climat, les tensions politiques s'accroissent. Le PSI a examiné comment le système énergétique suisse pourrait évoluer jusqu'en 2050, afin de satisfaire aux objectifs d'une utilisation d'énergie plus durable. Une société économisant l'énergie et le CO<sub>2</sub> devrait montrer la voie.**

Ces jours-ci la société à 2000 Watt est souvent proposée comme vision d'une utilisation d'énergie durable, écoprofitable et préservant, voire croissant, notre niveau de vie. Ce concept est celui d'une „puissance“ moyenne de 2000 Watt par tête (17'520 kWh par tête et an) et correspond environ en moyenne mondiale aux besoins actuels d'une personne. À ce jour la Suisse se situe à environ 5000 Watt – sans l'énergie grise qui fait quelque 4000 Watt en plus. Une grande partie de l'humanité doit par contre s'en sortir avec moins de 1000 Watt par tête.

2000 Watt par tête en Suisse – sont-ils possibles dans l'avenir? Et sous quelles conditions ceci serait-il aussi compatible avec le climat? Une étude du PSI\* montre que nous devons utiliser la notion de la société à 2000 Watt avec grande précaution. Ce ne sont pas les 2000 Watt seuls qui sont décisifs, mais aussi comment ceux-ci sont produits.

Nous aurons besoin de plus d'efficacité énergétique, de mesures d'économie et de nouvelles technologies. Malgré ceci nous ne pourrions réduire notre consommation jusqu'à 2050 de façon socialement acceptable que de 30% tout au plus. Le fait que nous n'atteindrons pas 2000 Watt par tête n'est pas toutefois déterminant pour le climat. Les changements climatiques nous forcent surtout à baisser aussi vite que possible les émissions de CO<sub>2</sub>. L'objectif à long terme se situe à une tonne de CO<sub>2</sub> par tête et an, ou encore 500 Watt par tête provenant de sources fossiles. Ceci est environ six fois moins qu'aujourd'hui et nécessite une grande évolution des mentalités et l'utilisation de toutes les énergies non fossiles. Dans ce processus la société à 2000 Watt doit servir de jalon à long terme – pour exprimer nos ambitions d'unir sous un même toit prospérité et ravitaillement durable en énergie.

#### AVEC ANNEXE

#### Contenu

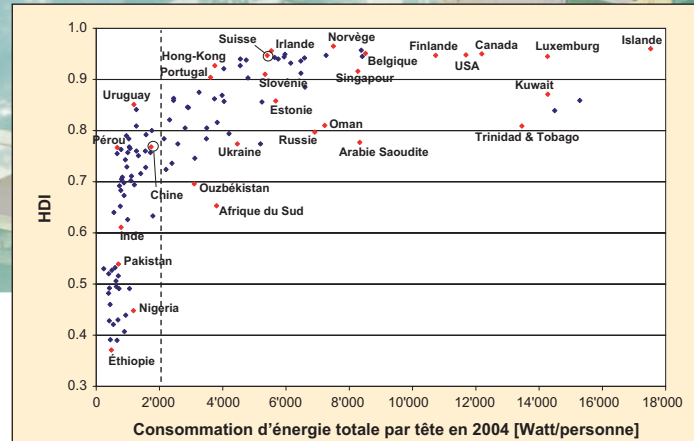
- 2 La situation aujourd'hui: **Énergie – la clé de la prospérité**
- 3 ...et demain: **Haut niveau de vie, malgré moins d'énergie**
- 4 Entretien avec Peter Beyeler et Hans-Peter Fricker: **„Efficacité énergétique et confort ne sont pas contradictoires“**

\*Thorsten F. Schulz, „Intermediate Steps towards the 2000-Watt society in Switzerland: An energy-economic scenario analysis“, Dissertation ETHZ, soumise en 2007

# Énergie – la clé de la prospérité

Le niveau de vie occidental dépend de façon décisive de l'approvisionnement en énergie: la prospérité a besoin d'énergie. Les problèmes environnementaux sont le revers de la médaille. Les changements climatiques notamment deviennent de plus en plus une certitude. De plus, les pays en voie de développement commencent juste à retracer celui de l'Ouest. On cherche donc des alternatives à faible intensité énergétique.

**Human Development Index et consommation d'énergie**  
pour divers pays  
(UNDP 2006).



En 1960 on consommait en Suisse 2000 Watt par tête en moyenne. La prospérité, mesurée en termes de produit national brut, a depuis quadruplé. Le nombre de véhicules à moteur a cru de 860'000 à environ 5 millions. La consommation d'énergie primaire a augmenté quasi parallèlement au PNB. Chaque Suisse consomme aujourd'hui en moyenne quelque 42'000 kWh par an, ce qui correspond à presque 5000 litres d'essence ou à une puissance continue d'environ

## Objectifs suisses pour 2050: 3–4 t CO<sub>2</sub> par tête avec 1500–2000 Watt d'énergie fossile

4800 Watt. Et ceci sans l'énergie grise (voir encadré), qui fait presque 80% de la consommation domestique en plus\*. Environ deux tiers de l'énergie viennent de sources fossiles – pétrole et gaz naturel, surtout pour le chauffage et les transports. Le résultat de la consommation d'énergie croissante fut une série de problèmes environnementaux: autrefois le smog et les pluies acides, aujourd'hui les poussières fines et le changement climatique. Il est vrai que la consommation d'énergie par tête n'a plus augmenté ces dernières an-

nées, mais quant à elle la consommation d'électricité croît encore plus vite que le PNB.

### Un regard au delà des frontières

Une disponibilité suffisante d'énergie est un préalable à la prospérité. Une comparaison internationale le montre: l'indice de développement humain d'un pays (Human Development Index – HDI) dépend de sa consommation d'énergie par tête. Celle de la Suisse est déjà faible, comparée à d'autres pays hautement développés comme la Finlande, la Belgique ou les USA. La moyenne mondiale actuelle de 2000 Watt par tête et an est considérée comme la limite inférieure pour une vie relativement aisée. Des exemples comme la Russie et l'Arabie Saoudite montrent aussi qu'une énergie abondante n'implique pas automatiquement une société prospère ou hautement développée.

### Développement problématique

Même si la Suisse a un palmarès derrière elle, il devient de plus en plus clair qu'elle ne peut pas servir de modèle sous tous les aspects pour des pays récemment industrialisés ou en voie de développement. Notre approvisionnement en énergie avec sa haute dépendance en ressources fossiles et le CO<sub>2</sub> en résultant n'est pas un exemple idéal pour un développement durable. Le 4<sup>ème</sup> rapport de l'IPCC, publié en février, montre sans équivoque que la haute consommation d'énergie fossile influence fortement le changement climatique global. Afin de maintenir le réchauffement de notre atmosphère dans des limites supportables, les émissions globales de CO<sub>2</sub> doivent être réduites jusqu'à 50% d'ici 2050. En vue du besoin de rattrapage économique de plusieurs pays récemment industrialisés et en voie de développement, ceci implique des réductions encore plus sévères (60–80%) pour les états prospères.

Les émissions directes suisses se situent actuellement à environ 6t CO<sub>2</sub> par tête et an. On doit y ajouter nettement plus que la moitié en CO<sub>2</sub> gris. Notre structure actuelle de consommation ne permet en aucun cas d'atteindre l'objectif global à long terme de 1t CO<sub>2</sub> par tête et par an – il correspond à un vol en Turquie (Genève-Antalya retour). Ceci ne veut pas toutefois dire que nous devons dans l'avenir grelotter dans les ténèbres. Mais il faudra réduire fortement notre dépendance aux ressources fossiles et remodeler la structure de notre énergie de façon à maintenir au moins la prospérité actuelle, malgré une consommation inférieure. Au long de notre chemin vers ce but lointain il nous faut des objectifs intermédiaires réalistes mais ambitieux pour 2050: 3–4 t CO<sub>2</sub> par tête et an avec 1500–2000 Watt de sources fossiles (sans émissions ni énergie grises).

### Human Development Index (HDI)

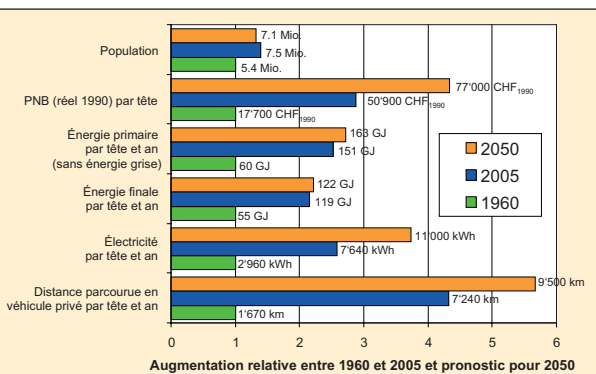
Le HDI mesure pour chaque pays l'état du développement humain sur une échelle de 0 à 1. Il est relevé annuellement par l'ONU. Le calcul prend en compte l'espérance de vie, le niveau d'éducation et le pouvoir d'achat des habitants d'un pays.

**Énergie primaire:** énergie contenue à l'origine dans les agents énergétiques utilisés (p.ex. gaz naturel, pétrole brut).

**Énergie finale:** énergie à la disposition du consommateur après les pertes de transformation et de transport (p. ex. granulés de bois, électricité, essence).

**Énergie utile:** énergie effectivement utilisée par le consommateur (p.ex. chaleur domestique, lumière).

**Énergie et émissions grises:** cette énergie resp. ces émissions sont contenues dans des biens et services importés resp. en sont le résultat, et n'apparaissent pas dans les statistiques domestiques suisses.



**Croissance en Suisse** de 1960 à 2005 et pronostic pour le scénario de base en 2050 (BFE 2006) (voir annexe)

\*Communication personnelle de Rolf Frischknecht, ESU-services GmbH; étude en cours de publication.

# Haut niveau de vie, malgré moins d'énergie

**Nous pouvons aujourd'hui déjà modeler notre système énergétique de façon plus durable: plus écologique avec moins de pétrole et à la fois économique et social par la mise en œuvre des mesures d'augmentation d'efficacité et d'économie d'énergie les plus favorables. Il est vrai que les 2000 Watt par tête ne peuvent pas être réalisés d'ici 2050, mais on devrait faire quelques pas ambitieux dans cette direction et vers moins d'émissions de CO<sub>2</sub>.**

Une pure stratégie d'efficacité, qui ne réduit que la consommation d'énergie primaire, ne mène pas au but. S'en sortir avec moins d'énergie est important – mais cela ne réduit pas assez les émissions de CO<sub>2</sub>. Il faut plus de temps que jusqu'à 2050 pour atteindre 2000 Watt par personne (ce qui revient à 17'520 kWh par an). Avec un vol par an Genève-Los Angeles et retour, on atteint déjà la moitié de cette limite. Avec les moyens technologiques dont nous disposerons probablement au milieu du siècle, nous pourrions au mieux, réduire nos besoins en énergie primaire à 3500 Watt (sans énergie grise).

## Moins de CO<sub>2</sub> – impératif de l'heure

Miser sur une réduction maximale de la consommation d'énergie a-t-il un sens? Ceci ne réduirait pas suffisamment la consommation de pétrole et de gaz naturel et les émissions de CO<sub>2</sub> resteraient très élevées. Or, on peut baisser considérablement les émissions de CO<sub>2</sub> sans pour autant réduire dogmatiquement la consommation d'énergie. La réduction du CO<sub>2</sub> devrait même être le but prioritaire. Pour une consommation d'énergie

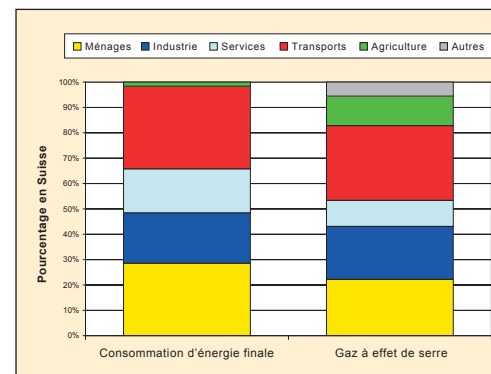
primaire légèrement plus élevée, cet objectif mène à moins de coûts additionnels, à un air suisse plus propre et à moins de dépendance aux énergies fossiles importées. Pour des raisons de politique climatique, les émissions suisses de CO<sub>2</sub> doivent baisser d'au moins 50% d'ici 2050. À condition que la Suisse atteigne en 2010 son objectif de Kyoto, ceci correspond à une pente de presque 15% par décennie entre 2010 et 2050.

## La réduction du CO<sub>2</sub> devrait être l'objectif primaire

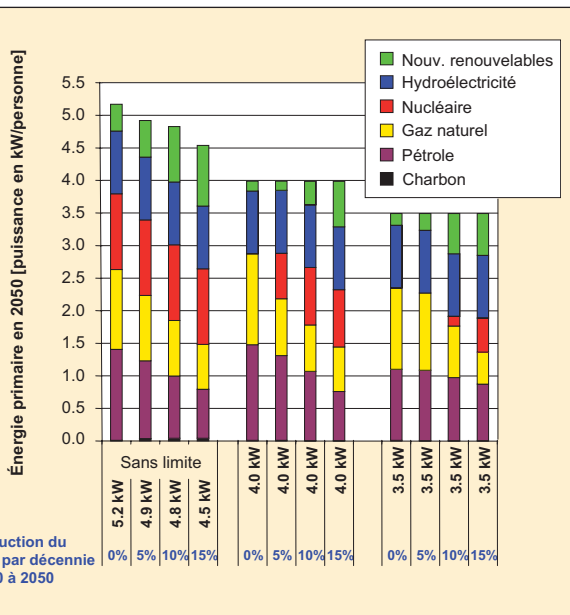
Ce chemin ambitieux n'est possible qu'avec des efforts extrêmes, notamment parce qu'il est couplé à des investissements considérables (voir annexe).

## Un chemin épineux

Qu'est-ce que ceci signifie concrètement pour nous dans les décennies à venir? Les grands secteurs de la consommation d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> sont aujourd'hui la construction et le fonctionnement des immeubles, les transports et les biens de consommation du secteur industriel et des services (graphique à droite). Des mesures d'économie et d'efficacité sont de rigueur dans le secteur immobilier. Des normes plus sévères pour les nouveaux bâtiments et les rénovations pourraient provoquer une baisse de l'utilisation d'énergie dans ce secteur de quelque 60% d'ici 2050. Les besoins en chaleur réduits pourraient alors être couverts en majeure partie par des pompes à chaleur; on n'aurait plus besoin que de très peu de pétrole et de gaz naturel. Dans le secteur des transports c'est plus difficile: Si le trafic conti-



**Part des différents secteurs économiques** aux besoins en énergie finale et aux émissions de gaz à effet de serre en Suisse en 2004 (BAFU 2006).



## Besoins en énergie primaire en 2050:

scénarios sans limite, avec 4 kW et 3.5 kW par tête; réduction du CO<sub>2</sub> imposée par décennie entre 2010 et 2050 0%, 5%, 10% et 15%, respectivement.

ne à croître, les solutions techniques ne pourront réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> que d'environ un tiers jusqu'à 2050. Dans le domaine industriel et des biens de consommation on devrait utiliser de façon systématique les procédés et appareils les plus efficaces. Moins d'énergie totale et surtout moins d'émissions de CO<sub>2</sub> implique aussi que l'électricité va gagner en importance dans le système énergétique et que les besoins en vont augmenter (voir annexe). Même si l'étude actuelle ne montre que des développements possibles et ne dit rien sur les stimulants nécessaires pour éradiquer les types de comportement actuels, il est clair que le remodelage de notre système énergétique sera difficile et que les transformations visées ne se produiront pas d'elles-mêmes. Il faut des mesures bien ciblées et à long terme du côté politique pour motiver les gens à suivre une nouvelle direction. Et plus tôt les changements nécessaires seront mis en oeuvre, plus simplement et plus économiquement nous pourrions atteindre le but.

# „Efficacité énergétique et confort ne sont pas contradictoires“

**La société à 2000 Watt fait partie de la „Stratégie Développement Durable“ du Conseil Fédéral. Qu'entendez-vous par ce terme?**

**Fricker:** Le concept de la société à 2000 Watt contient deux points majeurs: il veut réduire globalement et à long terme la consommation d'énergie à un niveau admissible au moyen des meilleures technologies. D'autre part il accepte que toutes les sociétés aspirent à la plus haute qualité de vie. Un système énergétique durable, en grande partie sans énergie fossile et sans nucléaire rend ceci possible.

**Beyeler:** La société à 2000 Watt est une vision, mais avec un potentiel de réalisation à long terme. Au préalable on peut réduire considérablement la consommation d'aujourd'hui 5000 Watt par une amélioration prononcée de l'efficacité énergétique sans perte de la qualité de vie. Mais ceci est un long chemin.

**Quelle est votre priorité: Moins de consommation d'énergie en soi ou plutôt la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>?**

**Fricker:** La raison pour restructurer notre système énergétique sont les émissions trop élevées des gaz à effet de serre (GES) en tant que cause du changement climatique. Un approvisionnement en énergie durable peut être réalisé plus tôt de façon économique et écophile, si nous réduisons nettement la consommation d'énergie.

**Beyeler:** Clairement moins de CO<sub>2</sub>. Nous ne sentirons les suites de cette hypothèque que dans 20 ans. Nous devons remplacer les agents énergétiques fossiles par d'autres formes d'énergie et en même temps augmenter massivement l'efficacité. La recherche a un rôle important dans tout cela, surtout le „Competence Center Energy and Mobility“ dirigé par le PSI.

**Comment peut-on motiver la société pour un mode de vie économisant l'énergie et le CO<sub>2</sub>?**

**Beyeler:** Efficacité énergétique et confort ne s'excluent pas mutuellement; l'exemple type en sont les immeubles Minergie. Il faut encourager la population à utiliser dans l'avenir des appareils, véhicules et immeubles efficaces. Des stimulants financiers au sens des financements incitatifs peuvent y aider. Je ne crois guère aux programmes d'économies avec des interdictions et des comportements obligatoires.

**Fricker:** La politique doit anticiper et créer les conditions nécessaires pour que les économies d'énergie et l'utilisation des énergies renouvelables soient profitables. En fait, les gens ne veulent ni gaspiller l'énergie, ni nuire au climat avec des émissions de CO<sub>2</sub>. Notre politique énergétique fut marquée jusqu'ici très fortement par les intérêts des fournisseurs d'énergie et d'électricité, c. à. d. livrer toujours plus et ne pas économi-



**Peter C. Beyeler**, Ingénieur civil diplômé EPF, est depuis juillet 2000 conseiller exécutif du Canton d'Argovie en charge du Département Bâtiments, Transports et Environnement.

Avant cela il a occupé diverses fonctions dans le domaine de l'ingénierie pour l'économie privée en Suisse et à l'étranger.



**Dr. Hans-Peter Fricker** est depuis janvier 2004 Directeur du WWF Suisse. Après ses études phil. à l'université de Zurich il fut chargé de cours, membre de

la direction de la Radio Suisse DRS et directeur de la Société Suisse de la sclérose en plaques.

ser. On a besoin de nouveaux systèmes de stimulation, p. ex. des taxes d'incitation neutres pour la quote-part de l'Etat et/ou une réforme fiscale écologique. Les appels et les programmes volontaires ne suffisent pas à stopper le gaspillage.

**Quelles mesures politiques pour économiser l'énergie et le CO<sub>2</sub> considérez-vous comme nécessaires et efficaces?**

**Beyeler:** Pour les bâtiments le standard Minergie doit devenir une norme – jusqu'à la maison passive, qui permet le confort actuel avec très peu d'énergie. Les cantons sont en train d'adapter les normes en conséquence. On demande à la Confédération de favoriser l'importation de véhicules efficaces en énergie. Au niveau cantonal, des taxes sur l'énergie échelonnées pour véhicules à moteur sont en élaboration. Et pour améliorer le bilan de CO<sub>2</sub> on doit promouvoir les énergies renouvelables, spécialement dans le domaine des bâtiments.

**Fricker:** Le WWF Suisse avec 50 autres organisations a exposé dans le Programme pour la Protection du Climat ([www.wwf.ch/klimafakten](http://www.wwf.ch/klimafakten)), quelles réglementations sont à adapter et quelles mesures à prendre, pour que les investissements de l'état et de l'économie et notre comportement aillent dans la bonne direction à l'avenir.

Les meilleures technologies doivent ainsi s'imposer à l'aide d'une combinaison de stimulants de l'économie du marché et des standards minimum.

**Quels doivent être les objectifs de politique énergétique à moyen terme (2030 à 2050) du canton d'Argovie et de la Suisse?**

**Fricker:** Les scientifiques sont d'accord pour dire que le réchauffement global depuis le début de l'industrialisation ne doit pas dépasser 2°C. Pour ceci les pays industrialisés, y compris la Suisse, doivent réduire les GES de 90% d'ici 2050. Pour cette raison le WWF avec d'autres organisations a annoncé une initiative populaire, qui nous obligerait à baisser les GES jusqu'à 2020 de 30% par rapport à 1990. Nous invitons le PSI à inclure aussi ce scénario de protection climatique dans ses modèles énergétiques.

**Beyeler:** Les bâtiments ne doivent consommer que la moitié de l'énergie actuelle au maximum. Nous voulons aussi de nettes améliorations grâce à de nouveaux standards pour les véhicules et les appareils. En d'autres mots: même si nous ne pouvons pas réaliser la vision de la société à 2000 Watt d'ici 2050, nous devons faire un grand pas dans cette direction. La montée des prix de l'énergie, va y contribuer, car, finalement, bien de choses encore passent par le porte-monnaie.

## Impressum

**Le point sur l'énergie** est une publication du PSI sur l'évaluation globale des systèmes énergétiques (projet GaBE). Il paraît quatre fois par an. Ont contribué à cette édition: C. Bauer, T. F. Schulz, S. Hirschberg, M. Jermann, A. Wokaun.

**ISSN-Nr.:** 1661-5131

**Tirage:** 15 000 ex. en allemand, 4000 ex. en français, 800 ex. en anglais. Anciens numéros disponibles en Pdf (D, F, E): <http://gabe.web.psi.ch/>

### Responsable du contenu:

Paul Scherrer Institut  
Dr. Stefan Hirschberg  
5232 Villigen PSI, Suisse  
Tél. 056 310 29 56, Fax 056 310 44 11  
[stefan.hirschberg@psi.ch](mailto:stefan.hirschberg@psi.ch)  
[www.psi.ch/GaBE](http://www.psi.ch/GaBE)

**Rédaction:** Christian Bauer

**Distribution et souscriptions:**  
[energiespiegel@psi.ch](mailto:energiespiegel@psi.ch)

**Traduction française:** Konstantin Foskolos

**Layout:** Monika Blétry

**Analyses des systèmes énergétiques au PSI:** L'objectif des analyses des systèmes énergétiques au Paul Scherrer Institut à Villigen est l'appréciation globale et détaillée des systèmes énergétiques d'aujourd'hui et de demain. On considère en particulier des critères de santé publique, d'écologie et d'économie. Sur la base des Analyses de Cycle de Vie (LCA), des modèles d'économie énergétique, des analyses des risques, des modèles de dispersion des substances nocives et, enfin, d'une analyse multi-critères il est possible de comparer différents scénarios énergétiques, afin d'offrir une base pour des décisions politiques.

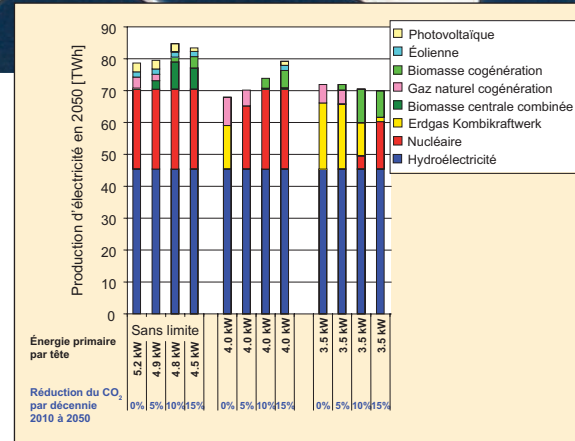
### Collaborations avec:

ETH Zürich; EPF Lausanne; EMPA; Massachusetts Institute of Technology, (MIT); University of Tokyo; Union Européenne, (EU); Agence Internationale pour l'Energie, (IEA); Organisation pour la Coopération et le Développement Economique, (OCDE); Organisation des Nations-Unies, (ONU)

## En détail: électricité et coûts

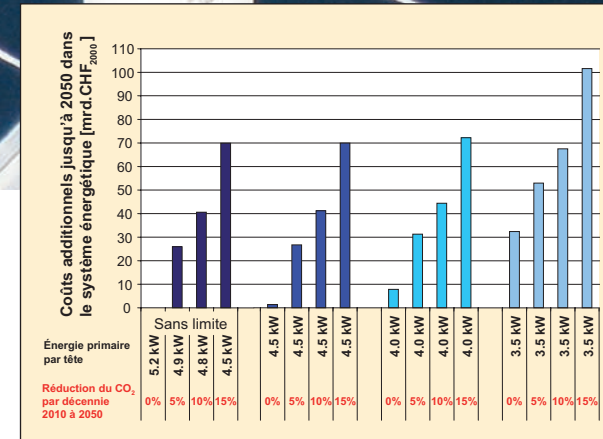
Dans l'avenir, l'électricité deviendra plus importante que jamais pour notre société axée sur les services. Le courant peut remplacer bien d'autres agents énergétiques, c'est pourquoi sa production exempte de CO<sub>2</sub> est la clé d'une réduction efficace de ce dernier. Mais le remodelage durable du système énergétique actuel va coûter au moins 70 milliards de francs jusqu'en 2050.

Les pompes à chaleur sont le meilleur exemple d'une substitution efficace des énergies fossiles par l'électricité. Celle-ci peut souvent aussi remplacer le pétrole ou le gaz naturel dans des processus industriels. Diviser par deux les émissions de CO<sub>2</sub> par rapport à l'ob-



### Production d'électricité en Suisse en 2050 correspondant à la consommation domestique.

Nettement moins de CO<sub>2</sub> signifie pour la Suisse que le nucléaire doit rester une composante importante aussi dans l'avenir. Avec des directives sévères sur la seule énergie primaire, l'énergie nucléaire, vu son rendement plus faible, céderait des parts au gaz naturel, émettant de CO<sub>2</sub>.



Coûts additionnels cumulés dans le système énergétique jusqu'à 2050 comparés aux scénarios sans limites sur l'énergie primaire et sans réduction du CO<sub>2</sub>, à gauche.

**Conditions limites:** Les hypothèses sur l'évolution de la population suisse, du PNB, de la surface habitable, de la masse du trafic etc. se basent sur des pronostics des offices fédéraux. Le système énergétique est simulé jusqu'à 2050 dans le scénario de base sans restrictions sur l'énergie primaire et le CO<sub>2</sub> («business as usual»). Pour les scénarios avec consommation d'énergie réduite, on limite chaque fois l'énergie primaire en 2050. La réduction du CO<sub>2</sub> est donnée en pourcents par décennie à partir de 2010, avec l'objectif de Kyoto supposé atteint comme niveau de départ. Une fois la réduction de la consommation d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> imposée, on calcule un système énergétique économiquement optimal, c.à.d. le système qui peut satisfaire les limites imposées au coût le plus bas. Le modèle ne contient pas de mesures politiques d'incitation. Les potentiels et coûts des systèmes énergétiques futurs se basent en partie sur les données des nos. 14 et 15 du Point sur l'Énergie.

jectif de Kyoto (ce qui avoisine -15% par décennie à partir de 2010) fera monter jusqu'à 2050 la part de l'électricité dans la consommation totale d'énergie de 23% aujourd'hui à 35-40%. Sans instruments d'économies d'électricité ciblés notre consommation atteindra en 2050 85 TWh/a au lieu des 57 TWh/a actuels. Si l'on baisse la consommation d'énergie primaire de 30%, la consommation de courant monte, malgré les mesures d'économie, à 70 TWh/a. L'utilisation des pompes à chaleur p.ex. contribue à une meilleure efficacité énergétique, mais provoque aussi une consommation additionnelle de courant atteignant 8 TWh/a (voir au verso). La composition de notre mélange d'électricité sera donc décisive pour les émissions suisses de CO<sub>2</sub>: des mesures efficaces et abordables contre le changement climatique requièrent massivement plus d'énergies renouvelables ainsi que de centrales nucléaires, même si nous exploitons à fond le potentiel hydroélectrique.

Un remodelage du ravitaillement en énergie générera des coûts importants. Pour une réduction du CO<sub>2</sub> de 15% par décennie, les coûts additionnels cumulés jusqu'à 2050 dans le système énergétique atteignent 70 milliards de francs au moins, indépendamment des restrictions de consommation d'énergie. La réduction de la consommation à 4000 Watt par personne à elle seule (sans

réduction du CO<sub>2</sub>) coûte quelques 10 milliards de francs, ce qui est encore relativement bon marché. Mais des réductions plus importantes seront beaucoup plus chères. Nous devrions plutôt investir dans des développements technologiques pour un approvisionnement énergétique pauvre en CO<sub>2</sub> que poursuivre l'objectif maximal sur le chemin de la réduction de l'énergie.

**Coûts systémiques:** Les coûts additionnels calculés ici pour le système énergétique contiennent tous les coûts d'investissement, d'exploitation et du carburant d'ici 2050. Le niveau de départ (= pas de coûts additionnels) est un développement sans restriction de la consommation d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub>. Les coûts futurs sont escomptés avec un taux de 3% par an. Ainsi p. ex. 36 francs investis en 2050 correspondent à un investissement actuel de 10 francs. On tient donc compte du fait que nous at-

tribuons plus de valeur à l'argent dont nous disposons aujourd'hui qu'à l'argent que nous aurons dans l'avenir. On néglige les répercussions sur l'économie nationale et les coûts écologiques et de santé. Si p. ex. des mesures contre le changement climatique sont prises en accord international et que le réchauffement terrestre peut ainsi être endigué, les coûts des dégâts évités pourront compenser en partie ou même dépasser l'effort financier pour la réduction du CO<sub>2</sub>. Et on pourra profiter en plus d'une meilleure qualité de l'air.

## En détail: ménages et transports

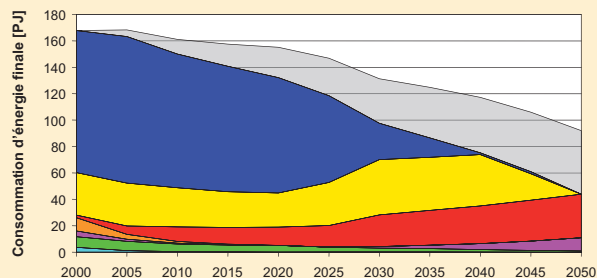
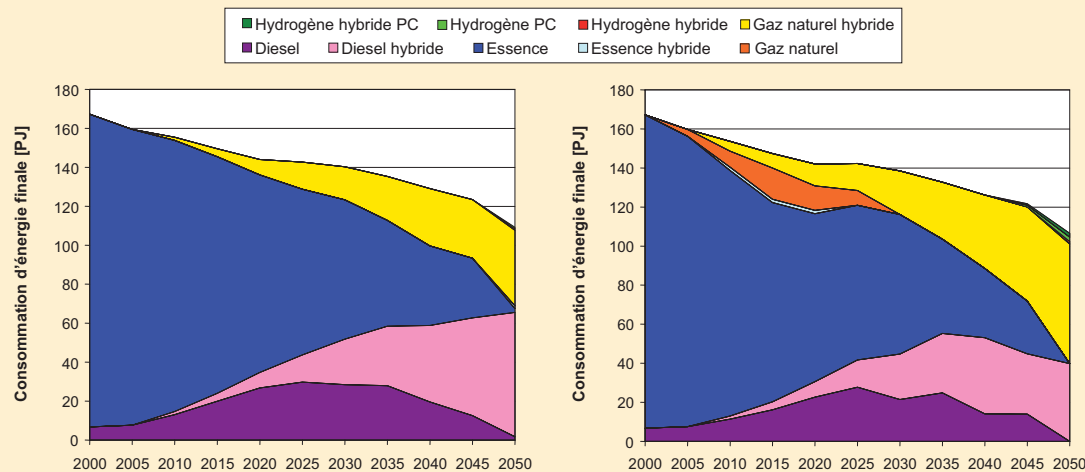
**Nos maisons et nos véhicules devront changer complètement d'ici 2050, si l'on veut atteindre les objectifs sur les émissions de CO<sub>2</sub>. Moins de besoins de chauffage et plus de pompes à chaleur ainsi que de nouveaux systèmes de propulsion pour voitures pourraient être les moyens de prédilection.**

Plus de 80% de la chaleur domestique dans les maisons particulières et les appartements proviennent des chauffages au fuel ou au gaz. Nous pouvons nous en passer en grande partie, même si, comme on s'y attend, la surface habitable augmente de 40% d'ici 2050. Les graphiques ci-dessous montrent la consom-

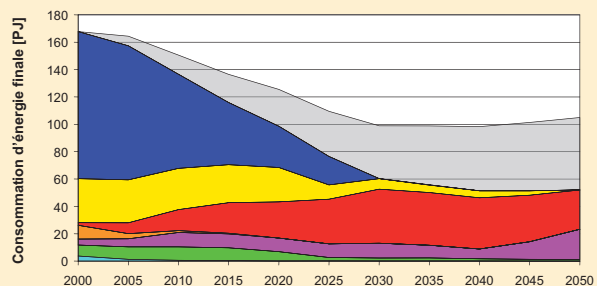
**Consommation d'énergie finale dans le secteur des transports privés jusqu'à 2050** pour une demande totale d'énergie primaire de 3500 Watt par tête; à gauche sans limitation du CO<sub>2</sub>, à droite -10% CO<sub>2</sub> par décennie à partir de 2010; PC = pile à combustible. Des hypothèses conservatrices et encore peu sûres ne permettent à l'hydrogène et aux voitures à PC de gagner des parts qu'à partir de 2045. Des hypothèses optimistes permettraient une pénétration du marché et une expansion plus rapides.

mation d'énergie finale pour la chaleur domestique selon deux scénarios possibles. Des constructions et des rénovations économisant l'énergie selon les standards Minergie et MinergieP pourraient réduire les besoins en chaleur à moins de 40% de sa valeur actuelle, déjà avant 2030. Et si en même temps nous missions massivement sur des pompes à chaleur et du chauffage urbain à partir des centrales cha-

**Consommation d'énergie finale pour la chaleur domestique dans le secteur ménager jusqu'à 2050** pour une demande totale d'énergie primaire de 3500 Watt par tête; en haut sans limitation du CO<sub>2</sub>, en bas -10% CO<sub>2</sub> par décennie à partir de 2010; \*constructions économisant l'énergie.



■ Chauffage électrique à résistance ■ Biomasse ■ Chauffage urbain ■ Mesures d'économie\*  
■ Pompe à chaleur électrique ■ Gaz naturel ■ Pétrole ■ Autres



leur-force à biomasse ou des grandes centrales électriques, nous n'aurions alors besoin que d'une part minimale d'énergies fossiles pour chauffer. Nous pourrions ainsi réduire les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> de 10 millions de tonnes (env. 20% des émissions totales actuelles suisses des gaz à effet de serre).

Si nous voulons utiliser toujours plus nos voitures et malgré cela économiser du CO<sub>2</sub> dans le secteur des transports aussi, nous devons d'ici 2050 utiliser des systèmes de propulsion plus efficaces émettant nettement moins de CO<sub>2</sub> par km. Nous ne pouvons toutefois pas renoncer aux carburants fossiles. Les graphiques ci-dessus montrent la consommation d'énergie des voitures particulières dans deux scénarios. Des propulsions hybrides

des pourraient remplacer à bas prix les moteurs à essence ou diesel dominant aujourd'hui. L'essence avec sa consommation relativement élevée n'aurait aucun avenir si l'on visait une puissance moyenne de 3500 W par tête. Le gaz naturel pourrait s'imposer à côté du diesel, car il est un carburant efficace et produit moins de CO<sub>2</sub>. Mais pour ceci il faudrait développer rapidement l'infrastructure nécessaire, donc des stations et des réseaux à gaz. Ceci ne serait réaliste qu'en accord au niveau européen. Même en supposant que les transports privés augmentent de 40% jusqu'à 2050, un tel changement technologique rendrait possible une réduction d'un tiers sur la consommation d'énergie et de 5 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

