

Perspectives d'électricité sans CO₂ pour la Suisse

Nouvelles énergies renouvelables

Malgré les incitations à la baisse de consommation, les besoins en électricité de la Suisse n'ont cessé d'augmenter depuis 1990. Quand les premières centrales nucléaires seront deconnectées du réseau vers 2020, on devra combler un manque d'électricité. Les réflexions sur la façon de couvrir ces besoins économiquement et sans émettre de CO₂ visent aussi les nouvelles énergies renouvelables.

L'hydroélectricité produit quelque 60% du courant Suisse de façon durable. Mais le potentiel pour des nouvelles grandes stations hydroélectriques est épuisé. En même temps, face à l'épuisement des réserves globales et aux fluctuations des prix et pour satisfaire aux objectifs climatiques que nous nous sommes imposés, la part des combustibles fossiles dans la production d'électricité doit continuer à être minimale. Ce qui reste outre les mesures d'économie sont les nouvelles énergies renouvelables (ENR: petites usines hydroélectriques, éoliennes, biomasse, énergie solaire, géothermie) et les systèmes nucléaires avancés.

Ces deux options totalement différentes jouent un rôle important dans la politique de protection du climat. Une étude du PSI pour l'Office Fédéral de l'Énergie (OFEN)¹ a examiné leur part potentielle à la production d'électricité en Suisse et leur prix dans les 30 à 40 années à venir.

Ce Point sur l'Énergie résume les résultats de la première partie de l'étude, consacrée aux ENR. Leur contribution dans l'électricité suisse pourrait monter de 3% aujourd'hui à 10% (de la consommation actuelle) en 2035, pourvu qu'elles soient fortement favorisées. Ce potentiel considérable est toutefois relatif, car à moyen terme et en dépit des progrès technologiques attendus, leurs coûts ne seront qu'en partie concurrentiels. Quelques-unes rencontrent de plus de l'opposition du côté de la protection de la nature et des sites.

Importer du courant renouvelable (surtout en provenance des éoliennes) paraît à première vue intéressant, mais il y a de grandes incertitudes quant à la disponibilité et aux capacités de puissance. Lorsque l'électricité manquera en Europe, chacun pourvoira d'abord à ses propres besoins.

Contenu

- 2 Points forts et faibles:
Small is beautiful – les ENR font des progrès.
- 3 Potentiels et coûts:
Faisables, certes, mais pas gratuitement.
- 4 Entrevue avec le Président de la CORE: **N'hésitons pas à concentrer les efforts!**

¹ Neue Erneuerbare Energien und Neue Nuklearanlagen: Potenziale und Kosten
 Contribution aux Perspectives Énergétiques 2035/2050 de l'Office Fédéral de l'Énergie
www.energie-schweiz.ch; <http://gabe.web.psi.ch/projects/bfe/index.html>

Small is beautiful –

Le degré de développement des technologies renouvelables d'électricité examinées ici est très varié. Les petites usines hydroélectriques et la cogénération à partir du bois sont des technologies mûres; la technologie des éoliennes est établie mais pas parfaite. Des technologies nouvelles se basant sur la biomasse, le photovoltaïque et la géothermie ne font qu'apparaître et ont un grand potentiel d'amélioration.

les ENR font des progrès.

tites usines hydroélectriques). Des installations isolées y ajouteraient 2850 GWh/a, mais leur construction est moins réaliste. Une montée à 600 GWh/a semble possible d'ici 2035, une expansion à 1150 GWh/a d'ici 2050. L'obstacle majeur au déploiement de l'énergie éolienne en Suisse ne viendra pas des coûts mais d'une opposition du côté de la protection des sites et de la nature.

Biomasse

La biomasse n'est pas infinie, mais a des usages variés. Son potentiel écologique pourrait être sensiblement accru, d'une part en utilisant diverses formes de biomasse, d'autre part en doublant voire en triplant le rendement de la transformation en électricité. Les coûts dépendront

Meilleures chances de réalisation: petites usines hydroélectriques et biomasse

des tendances dans l'agriculture et la sylviculture ainsi que des taxes sur les ordures; l'utilisation future des ressources fossiles, p. ex. le déploiement des cellules à combustible sur le marché de l'électricité fossile et de la cogénération déterminera au moins pour moitié l'évolution des coûts des technologies de transformation. Un planning stratégique global de l'utilisation de la biomasse pour produire électricité, chaleur et carburants serait en tous cas utile.

Photovoltaïque

Des panneaux photovoltaïques sur les toits les plus appropriés pourraient livrer 9,4 à 13,7 TWh/a – comparables à la production d'une centrale nucléaire comme Leibstadt ou env. 20% de la consommation suisse. Mais le photovoltaïque restera très cher, même si les coûts baissent aussi fortement que l'on s'y attend. Ainsi on ne prévoit qu'une augmentation linéaire atteignant 100 GWh/a en 2035. Tout autre scénario impliquerait un encouragement ciblé très fort. Des grandes installations sur les Alpes sont plus avantageuses. Là l'insolation est plus forte et la production hivernale deux fois plus élevée que sur le plateau, mais on aurait à faire face à une opposition massive de la protection des sites.

Géothermie

Le potentiel technique de la géothermie en Suisse serait très élevé – presque aussi grand que l'incertitude quant aux coûts de réalisation. Les facteurs critiques sont les données géologiques et les coûts d'investissement (surtout les coûts de forage). L'électricité géothermique devient plus économique quand on utilise aussi la chaleur résiduelle. L'existence des réseaux de chauffage urbain ou de grands clients de chaleur devient ainsi un facteur décisif. L'installation de démonstration à Bâle, aiderait beaucoup à en évaluer plus précisément la faisabilité.

Tableau: Potentiels et coûts des énergies renouvelables pour la production d'électricité en Suisse

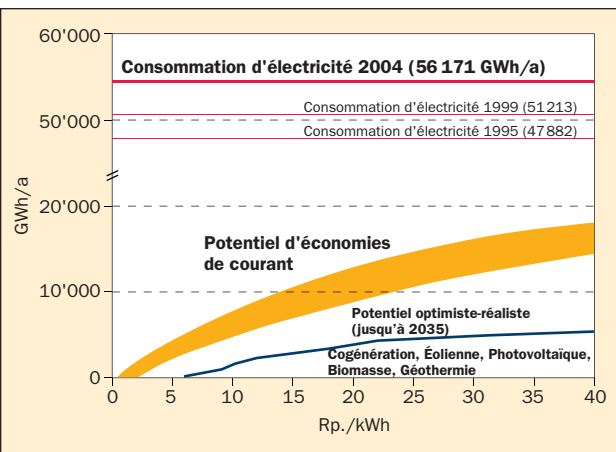
	Système énergétique	Avantages	Désavantages / Restrictions	Production [GWh/a]		Potentiel [GWh/a]	Coûts [Rp./kWh]	
				2004	2035	À long terme	Aujourd'hui	2035
Charge de base	Petites centrales hydroélectriques <10MW / <1MW	Technologie mûre; Acceptation élevée	Changements de l'équilibre local en eau	3500 / 850	5800 / 1100	5800 / 1200	5–25	4–20
	Biomasse	Ressources variées	Possibilités concurrentes d'utilisation des ressources (carburants); besoin de technologies pour réduire les émissions de polluants	900	2000–3000	9000 (utilisée à 100% pour produire de l'électricité)	20–40	10–30
	Géothermie	Potentiel très élevé	Pas d'installation commerciale en service; beaucoup de chaleur résiduelle utilisable en partie seulement; prévisions très incertaines	0	1000–2000	Très élevé, spéculatif	Actuellement pas d'installation de référence	7–15
Dépendant des conditions météo	Énergie éolienne (Installations CH; importations possibles, réalisation très incertaine)	Technologie mûre; potentiel de réduction des coûts existe	Nombre limité des sites appropriés; conflits avec la protection des sites et de la nature; énergie d'appoint nécessaire	5,4	600	4000 (parcs à éoliennes 1150, installations isolées 2850)	12–25	12–15
	Photovoltaïque (Installations intégrées aux toits ou aux bâtiments)	Acceptation élevée; intégration possible dans des bâtiments existants	Coûts très élevés actuellement; énergie d'appoint nécessaire	16.7	100–2700 (fortement dépendant des mesures d'encouragement)	16700 toits 13700, façades 3000	50–90	22–42
Potentiel 2035: La réalisation de ces potentiels est considérée comme réaliste sous condition d'un encouragement ciblé des pouvoirs publics								
Potentiel technique à long terme sans tenir compte des coûts et des problèmes d'acceptation.								

Faisables, certes, mais pas gratuitement.

La politique actuelle veut produire d'ici 2035 10% de la consommation suisse d'aujourd'hui, c.à.d. environ 5500 GWh/a, avec des ENR. Les ressources renouvelables utilisables à long terme sont potentiellement beaucoup plus grandes. De même, le potentiel technique selon des critères technologiques et opérationnels pourrait être là. L'atteinte de l'objectif dépend surtout de la performance économique des technologies – donc de ce que l'on est prêt à payer.

Production domestique

L'objectif de produire d'ici 2035 10% de l'électricité (par rapport à la consommation actuelle) avec des ENR est techniquement atteignable (graphique 1). Ces 10% comprennent surtout les potentiels



Graphique 1: Potentiel total de production de courant jusqu'à 2035 et coûts correspondants des ENR en Suisse. Le potentiel d'économies de courant est inclus pour comparaison et se base sur des analyses antérieures.

réalistes de l'énergie éolienne et des petites usines hydroélectriques (<1 MW), des contributions substantielles de la biomasse et de la géothermie ainsi qu'un apport relativement faible du photovoltaïque. Comme la géothermie commence juste à se développer, sa part doit être vue dans une certaine mesure comme spéculative.

En y ajoutant les usines hydroélectriques jusqu'à 10 MW, les ENR pourraient livrer plus que 10% de l'électricité suisse, même si les contributions de la biomasse et de la géothermie étaient réduites. Atteindre ces 10% autour de 2035, signifie d'autre part injecter env. 500 millions CHF par an de plus dans les

coûts de production (avec 15 Rp./kWh en moyenne pour la production du courant renouvelable) par rapport à l'énergie nucléaire ou au gaz (respectivement au coût actuel et au coût moyen des dernières années). Si l'on considère la hausse récente des prix du gaz, les coûts additionnels de l'électricité renouvelable par rapport au gaz diminuent jusqu'à 40%. La hausse des prix a un tel effet, car les coûts de production des centrales à gaz sont dominés par le prix de la matière première. Dans le cas du nucléaire, le prix de l'uranium ne joue qu'un rôle mineur.

Le potentiel des économies de courant dépasse à court et moyen terme celui des ENR (aussi du point de vue économique). On pourrait en tirer beaucoup plus, si la volonté de faire des économies était encore plus forte.

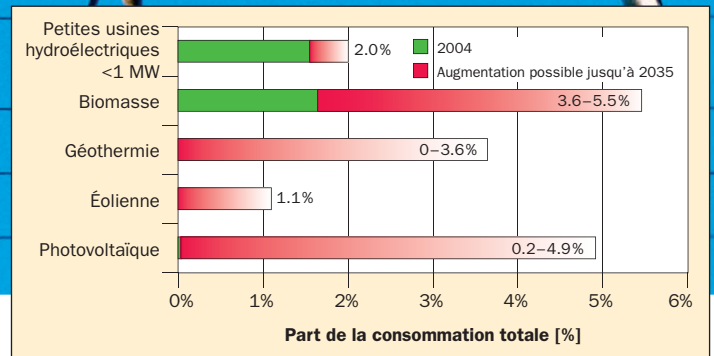
Encourager et économiser

L'expansion des ENR dans leur état de développement actuel dépend du tarif d'achat (actuellement 15 Rp./kWh). En comparaison, la rémunération de l'électricité solaire en Allemagne monte se-

Un encouragement fort et ciblé est nécessaire

lon l'installation jusqu'à 60 cent/kWh (93 Rp./kWh). L'étendue des subventions est une question politique. Les ENR doivent, certes, être encore développées pour atteindre des rendements plus élevés et des coûts plus bas. Le niveau technologique atteint détermine la phase du cycle de développement que l'on doit soutenir: recherche de base ou

appliquée, installations pilotes et de démonstration, introduction et – là où ceci a un sens – soutien du marché.



Graphique 2: Parts actuelles des ENR et augmentation possible avec des subventions ciblées jusqu'à 2035 par rapport à la consommation d'électricité 2004. Le potentiel réalisable de la géothermie est spéculatif. Une augmentation du photovoltaïque dépassant fortement la limite inférieure de l'intervalle indiqué est plutôt improbable.

Importation d'électricité renouvelable

Éoliennes Ce sont les conditions politiques qui détermineront si des importations substantielles d'électricité éolienne à partir de 2020 sont réalistes. L'étude du PSI montre que le prix du courant éolien importé est à peine plus bas que les coûts de production domestique.

Centrales solaires thermiques et chimiques L'importation d'électricité des centrales solaires thermiques de la région méditerranéenne pourrait devenir intéressante à partir de 2030. De telles centrales sur des sites adéquats peuvent être en service 2000 à 3000 heures par an sans besoin de capacité de stockage particulière. Les coûts de production de 14 à 25 Rp./kWh pourraient baisser de moitié d'ici 2030. Les centrales solaires chimiques permettent d'emmagasiner de façon flexible l'énergie solaire dans des agents énergétiques comme l'hydrogène ou le zinc et de produire ensuite du courant pour des applications mobiles ou stationnaires. Des coûts plus élevés seraient acceptables pour une disponibilité continue de l'énergie.

Restrictions communes Importer de l'électricité implique une capacité suffisante de lignes de transport. De plus, les pays exportateurs vont probablement couvrir d'abord leurs propres besoins. Ceci rend un approvisionnement au moyen d'importations très incertain.

N'hésitons pas à concentrer les efforts!

Comparée à l'Europe, comment la Suisse traite-t-elle les ENR?

Dans le contexte politique la Suisse a juste maintenant une chance d'apprendre de l'étranger, p. ex. avec des modèles comme la rémunération d'achat. L'Allemagne a une grande expérience en tarifs d'achat couvrant les coûts, la Suède en réglementation des quotas et en permis négociés. La Suisse devrait choisir un modèle qui ne distord pas les attraits économiques pour le choix et le développement des énergies renouvelables. Il arrive souvent aussi que la discussion politique traite leur potentiel de façon peu exacte, p. ex. pour la géothermie, qui – à part les risques techniques – présuppose de grands clients de chaleur, vu son faible rendement électrique de 10%. Nous ne pouvons pas non plus faire comme si l'importation d'énergie éolienne des installations de la mer du Nord était possible sans limites. Nous avons la tendance de soutenir la R&D selon la politique de l'arrosoir, au lieu de considérer quelles technologies sont employées en Suisse en quantité importante ou peuvent contribuer à une valeur ajoutée au travers des places de travail.

Qu'en pensent les producteurs d'électricité suisses?

Ils vont certainement faire plus d'efforts dans l'avenir pour l'encouragement aussi bien de la production d'électricité par ENR que de la recherche. Je n'ai pas les données concrètes pour une comparaison générale avec les producteurs d'électricité européens. Il y a toutefois des activités dans d'autres domaines, comme les technologies de charbon propre, où les électriciens européens vont participer fortement à des projets de démonstration futurs.

Quelles sont les priorités que met la CORE pour les ENR? Selon quels critères?

Dans le cadre du Programme de Recherche Énergétique Suisse 2004–2007 environ un tiers des ressources (env. 50 MCHF) va dans les énergies renouvelables. On y trouve chaleur ambiante, énergie éolienne, thermie solaire et utilisation de biomasse ainsi que photovoltaïque, chimie solaire et géothermie. La recherche couvre plusieurs domaines. En préparation du programme 2008–2011 la CORE établit actuellement des «feuilles de route technologiques» pour l'approvisionnement de la Suisse en énergie et en déduit des recommandations de recherche selon les critères suivants: Est-ce qu'une technologie don-

née contribue à un système énergétique suisse plus durable? Et qu'apportent les résultats de la R&D à l'économie suisse au sens le plus large? Je ne peux pas préjuger des intentions de la CORE. Personnellement je m'attends à ce que le Programme de Recherche Énergétique 2008–2011 montre plus de courage à concentrer les efforts dans tous les domaines, donc aussi pour les ENR.

L'encouragement des ENR est-il une affaire de l'État, de l'industrie ou des citoyens?

Tous les trois peuvent contribuer: le citoyen en choisissant la technologie (pompe à chaleur pour le chauffage, chaleur solaire pour l'eau chaude etc.) et par ses décisions d'investissements privés; l'industrie avec des plans à long terme et en se souciant de la durabilité

Une meilleure coordination du support à la recherche et de l'industrie est souhaitable

de ses produits; et l'État en coordonnant mieux le financement de la recherche avec l'industrie ce qui renforce aussi la compétitivité de l'industrie domestique, comme c'est le cas depuis des décennies à l'étranger, en particulier aux USA et au Japon. On peut trouver des conclusions intéressantes sur ces questions aussi dans le dernier rapport de l'UE sur les points forts et faibles de la recherche énergétique européenne.



Tony Kaiser est docteur en chimie physique de l'Université de Zurich et est aujourd'hui chez ALSTOM (Suisse) SA responsable des programmes technologiques à long terme («Future Technologies») dans le domaine des centrales électriques. Il est aussi Président de la Commission Fédérale pour la Recherche Énergétique, CORE.

La recherche du PSI se concentre sur la biomasse et la chimie solaire. Qu'en pensez vous?

Le potentiel de la biomasse en Suisse est considérable, un triplement de son utilisation est possible. Les efforts devraient se porter sur une opération propre (faibles émissions) et des rendements élevés. Une autre idée serait aussi d'utiliser la biomasse (le biogaz) là où les alternatives aux énergies fossiles sont particulièrement difficiles, comme p. ex. pour les transports. Un projet qui me plaît beaucoup, est le projet ECOGAS pour produire du méthane à partir du bois. Une présentation trans-sectorielle et des critères selon lesquels on pourrait discuter une utilisation optimale de la biomasse en Suisse seraient très utiles.

La chimie solaire est un effort important afin de rendre des processus chimiques utiles à la production d'électricité par des moyens originaux et créatifs. Toutefois des prédictions sur son importance future, les rendements atteignables en pratique et des sites potentiels de centrales basées sur la chimie solaire sont probablement prématurées.

Impressum

Le point sur l'énergie est une publication du PSI sur l'évaluation globale des systèmes énergétiques (projet GaBE). Il paraît trois fois par an. Ont contribué à cette édition: Stefan Hirschberg, Alexander Wokaun et Christian Bauer.

ISSN-Nr.: 1661-5131

Tirage: 16 000 ex. en allemand, 2500 ex. en français, 500 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
Tel. 056 310 29 56, Fax 056 310 44 11
stefan.hirschberg@psi.ch
www.psi.ch/GaBE

Rédaction: Ruth Schmid

Distribution et souscriptions:
renate.zimmermann@psi.ch

Traduction française: Konstantin Foskolos

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'Énergie, (IEA); Organisation pour la Coopération et le Développement Economique, (OCDE); Organisation des Nations-Unies, (ONU)