



LE POINT SUR L'ENERGIE

DES FAITS POUR LA POLITIQUE ENERGETIQUE DE DEMAIN

La nouvelle politique énergétique suisse: Où trouver l'électricité?

Les responsables politiques ont établi les lignes directrices: ne plus construire de nouvelles centrales nucléaires en Suisse. Cela signifie qu'au futur 40% de la production d'électricité actuelle devront provenir d'autres sources d'énergie. Il est certain que nous devons ainsi diminuer notre consommation énergétique et utiliser d'avantage les énergies renouvelables. Et si cela ne suffisait pas? Aura-t-on besoin de centrales à gaz? Ou sera-t-on dépendants d'une électricité importée? Il s'agit là de questions que le PSI étudie attentivement au travers de scénarios énergétiques.*

A la suite de Fukushima, il est rapidement devenu évident que l'approvisionnement de la Suisse en électricité dans 40 ans devrait être différent de ce qu'il est aujourd'hui. L'électricité ne proviendra pas de nouvelles centrales nucléaires, alors que l'exploitation des ressources telles que le soleil, le vent, et la biomasse sera plus conséquente. Pour autant, on peut toujours se demander si tout cela sera suffisant pour couvrir notre consommation énergétique au vu de l'augmentation permanente de la demande en électricité jusqu'à nos jours, et si l'on tient compte des prévisions de croissance de la population atteignant les 9 millions ainsi qu'une croissance économique d'environ 50% à l'horizon 2050.

La Suisse doit ainsi relever un défi important: pour un remaniement prospère de l'approvisionnement en électricité, les sources d'énergie renouvelable doivent être rapidement exploitées jusqu'aux limites de leur potentiel. D'autre part, l'électricité doit être utilisée de manière plus efficace – les moyens existent déjà. Si nous ne parvenons pas à diminuer fortement la demande énergétique, notre dépendance envers l'étranger s'accroîtra. Il apparaît pourtant risqué de dépendre des importations d'électricité du fait de la sécurité de l'approvisionnement - surtout en hiver, lorsque la consommation est forte et que les centrales hydrauliques produisent moins. Si l'on choisit les centrales à gaz, qui rejettent beaucoup de CO₂, d'avantage de gaz naturel devra être importé. Les objectifs élevés de la politique climatique seraient alors encore plus difficiles à atteindre.

Bien que le développement futur soit difficile à estimer, de nombreux éléments indiquent une augmentation du coût de l'électricité d'au moins 50% en 2050.

* Toutes ces informations ainsi que d'autres scénarios sont disponibles pour le téléchargement à l'adresse suivante: <http://gabe.web.psi.ch/energie-spiegel/>

AVEC ANNEXE

Contenu

- 2 Consommation d'électricité:
Et si...?
- 3 Approvisionnement en électricité:
Centrales à gaz ou importations d'électricité?
- 4 Entretien avec Heinz Karrer:
«L'électricité coûtera 30% de plus dans 10 ans»

Et si...?

«Les prévisions sont difficiles, surtout lorsqu'elles concernent l'avenir.» L'identité de l'auteur à l'origine de cette citation reste incertaine. Pour autant, il semble clair qu'il faille toujours la garder à l'esprit pour chaque nouveau scénario énergétique présenté au public.

Personne ne peut dire aujourd'hui de quoi sera constitué l'approvisionnement en énergie et électricité de la Suisse en 2050. Cela n'est possible ni en regardant dans une boule de cristal, ni par le biais de modèles compliqués – même si cette conviction vient en grande partie de la précision remarquable des prédictions. Les incertitudes se cachant derrière les principaux facteurs d'influence sont tout simplement trop grandes. Le développement de la population et la croissance économique, le prix du pétrole et celui d'autres ressources énergétiques, le développement technologique, ainsi que les contextes internationaux: voici quelques-uns des facteurs d'influence

A titre de comparaison, la demande en électricité a augmenté de 14% entre 2000 et 2010

majeurs qu'il n'est pas possible de prédire précisément sur de longues périodes. Mais cela ne signifie pas que les modèles sont inutiles. Bien au contraire, les scénarios développés pour l'approvisionnement énergétique et électrique peuvent parfaitement répondre aux questions de type «Et si...?». Ils illustrent les développements attendus en fonction d'hypothèses et de conditions spécifiques, et en montrent les coûts et les conséquences potentiels concernant le bilan en CO₂ de la Suisse.

De quelle quantité d'électricité aura-t-on besoin?

Le niveau de demande en électricité est l'un des paramètres les plus importants pour la réalisation des scénarios modélisant l'approvisionnement en électricité d'ici à 40 ans. L'évolution de la demande dépend de nombreux facteurs. En conséquence la fourchette des prévisions est très large (voir Figure 1).

¹ Karl Valentin, Mark Twain, Winston Churchill entre autres

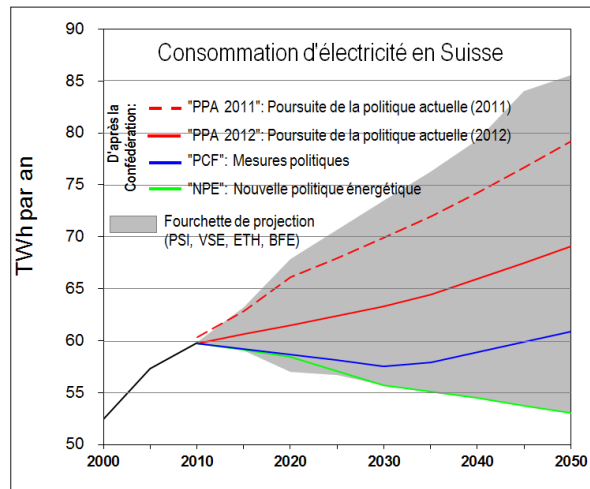


Figure 1: Fourchette prévisionnelle de l'évolution de la consommation électrique en Suisse d'ici à 2050 (Sources: Stratégie énergétique 2050 de la Confédération; PSI, Laboratoire d'analyse des systèmes énergétiques; VSE; ETH).

Concernant l'approvisionnement en électricité de la Suisse, une demande de 50 térawattheures ou de 85 térawattheures par an n'aura pas les mêmes répercussions – le potentiel des sources d'électricité étant en effet limité. Cela concerne d'autant plus les énergies renouvelables pour lesquelles la production domestique ne peut pas être augmentée de façon arbitraire.

La Confédération helvétique s'attend à une évolution (Figure 1) basée sur des conditions bien spécifiques: la consommation diminue dès à présent et continue de décroître pour atteindre en 2050 un niveau largement inférieur à celui d'aujourd'hui («Nouvelle politique énergétique»), ce qui ne pourra être réalisé que par la mise en place rapide de mesures d'incitation et d'éco-

nomie massives. Et ce non seulement en Suisse, mais également au sein d'une action internationale coordonnée. Les mesures actuellement débattues en Suisse dans le cadre de la Stratégie Énergétique 2050 («Mesures politiques»), devraient aboutir en 2050 à un niveau de consommation similaire à l'actuel. Sans ces mesures («Poursuite de la politique actuelle»), la consommation continuerait d'augmenter. Cependant, les prévisions actuelles de la Confédération («PPA 2012») sont nettement plus optimistes que celles réalisées il y a un an («PPA 2011»). A titre de comparaison, la demande en électricité a augmenté de 14% entre 2000 et 2010, d'autre part la consommation annuelle par habitant en 1970 n'atteignait que la moitié du niveau actuel.

Il reste à savoir s'il est réaliste de penser que la consommation n'augmentera plus ou qu'elle sera même plus basse en 2050 qu'à présent. On s'attend actuellement à ce qu'en 2050 la population de la Suisse atteigne les 9 millions d'habitants, que la performance économique soit 50% plus élevée, et que l'électricité remplace toujours plus d'énergies fossiles dans le secteur des transports en développement (Figure 2).

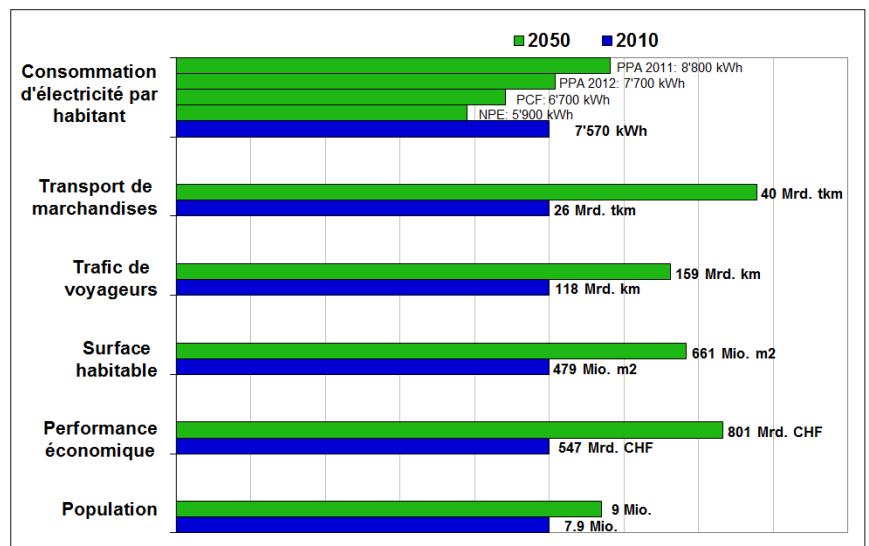


Figure 2: Evolution de différents paramètres en Suisse d'ici à 2050, selon les prévisions de la Confédération.

Centrales à gaz ou importations d'électricité?

Les sources d'énergie renouvelable domestiques ne seront suffisantes, en appliquant la nouvelle politique énergétique, que si l'on se contente d'une quantité d'électricité nettement inférieure à celle dont on dispose aujourd'hui – au mépris de la croissance démographique et économique. Sans quoi, il nous faut un plan B.

Le PSI a calculé différents scénarios concernant les trois pronostics actuels de demande énergétique présentés dans la Figure 1. Comment la demande en électricité pourrait-elle être satisfaite tout en étant plus avantageuse du point de vue économique et quelles en seraient les conséquences sur les coûts et les émissions de CO₂? Pour tenter d'y répondre, un modèle identifiant l'approvisionnement en électricité le plus avantageux pour la période des 40 ans à venir a été utilisé (voir encadré en annexe). Le bilan est le suivant: Quel que soit le niveau de la demande dans 40 ans, l'approvisionnement en électricité en Suisse restera un défi si l'objectif de la politique climatique est maintenu, à savoir: réduire les émissions de CO₂ de 60% d'ici 2050 et ne pas construire de nouvelles centrales nucléaires.

Conditions limites

La Figure 3 présente les résultats du calcul modélisant une consommation d'électricité maintenue au niveau actuel (développement «PCF» dans la Figure 1). Trois scénarios ont été considérés: dans le premier cas («Gaz»), les importations et exportations d'électricité doivent être en équilibre durant une année, alors que dans le deuxième scénario («Import»), des importations nettes sont possibles sans tolérer les centrales à gaz. Dans les deux cas, les centrales nucléaires ne sont pas une option. Le troisième scénario représente l'évolution de référence avec des conditions correspondant à la situation avant Fukushima («REF»). Ici, de nouvelles centrales nucléaires sont envisagées, mais les importations et exportations d'électricité doivent s'équilibrer.

Les énergies renouvelables à leur niveau maximal

Le scénario «Gaz» montre que la combinaison de centrales à gaz flexibles, de panneaux photovoltaïques et d'énergie éolienne, est la solution la plus avantageuse si les importations et exportations annuelles d'électricité doivent s'équilibrer. Sept grandes centrales à gaz devaient ainsi être nécessaires en 2050.

Dans le scénario «Import», sans centrales à gaz, d'avantage d'électricité peut être importée, avec une proportion maximale d'un cinquième de la consommation annuelle. Le potentiel

de toutes les nouvelles énergies renouvelables – photovoltaïque, éolien, bois et géothermie – sera alors complètement épuisé. Pourtant, cela n'est pas suffisant: toujours plus d'électricité doit être importée, et surtout en hiver (voir annexe, Figure 7).

Puisque l'électricité issue des centrales nucléaires est la moins chère, les centrales nucléaires associées aux centrales de pompage hydraulique supplantent les centrales à gaz et les énergies renouvelables dans le troisième scénario («REF»).

Et si la demande en électricité évoluait autrement? La Figure 4 montre les trois scénarios avec les mêmes objectifs que précédemment pour l'année 2050, faisant appel aux trois prévisions de demande de la Figure 1.

Si l'objectif de consommation de la nouvelle politique énergétique («NPE») est atteint, la Suisse peut tirer un trait sur les centrales à gaz et importations nettes. Une exploitation totale des énergies renouvelables serait suffisante pour couvrir la demande moyenne annuelle. Pourtant, en hiver, l'importation d'électricité serait toujours nécessaire.

Si la consommation était plus haute qu'aujourd'hui («PPA 2011» et «PPA 2012»), il nous faudrait soit plus de centrales à gaz, soit plus d'importations. Avec une quantité d'électricité équivalente à celle qui provient actuellement des centrales nucléaires, des centrales à gaz supplémentaires, ou encore de l'électricité photovoltaïque et éolienne seraient toujours nécessaires.

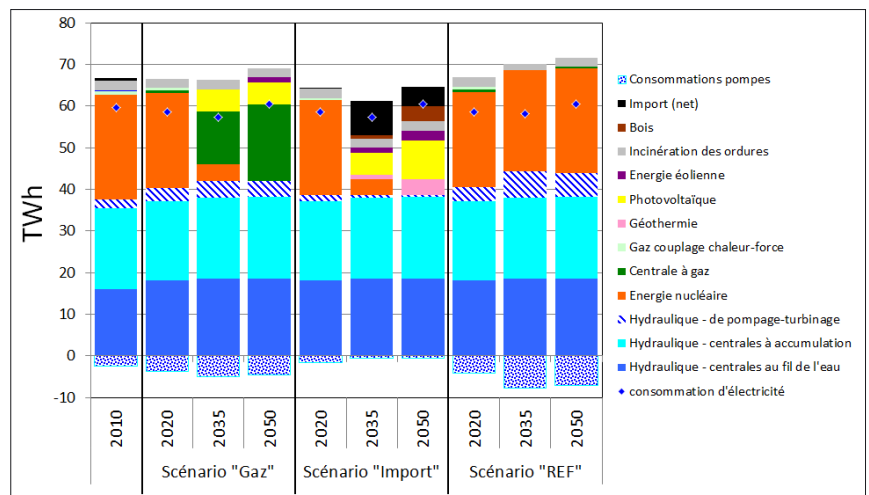


Figure 3: Trois scénarios d'approvisionnement en électricité de la Suisse d'ici à 2050, avec des conditions différentes, sur la base des prévisions de demande en électricité «PCF».

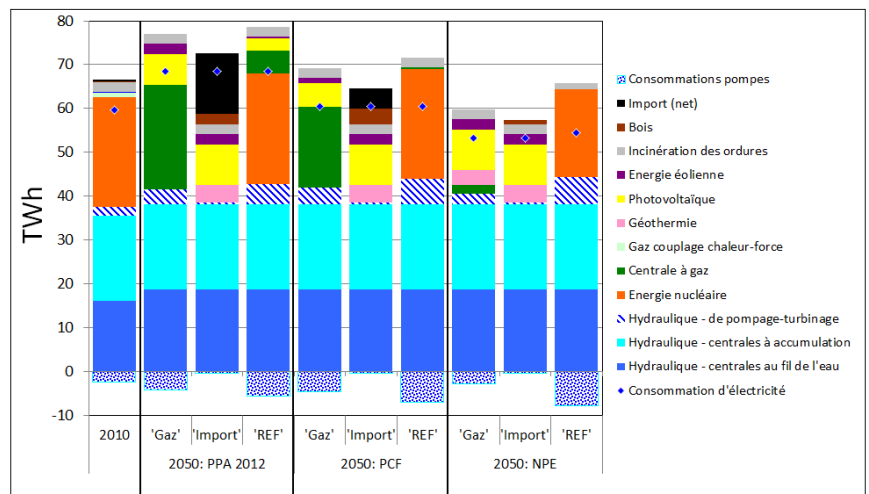


Figure 4: Scénarios d'approvisionnement en électricité de la Suisse en 2050 pour des demandes en électricité différentes (correspondant à la production brute de laquelle est déduite la consommation centrales de pompage).

«Le prix de l'électricité sera plus cher d'environ 30% dans 10 ans»

De votre point de vue, comment évoluera la demande en électricité durant les prochaines décennies?

En raison de la croissance démographique et économique, ainsi que de nouvelles applications électriques telles que les pompes à chaleur, les ustensiles ménagers, les véhicules électriques, etc..., la consommation d'électricité continuera d'augmenter. Axpo s'attend à une hausse de la consommation d'électricité d'environ 1% par an jusqu'en 2040. Cependant, la hausse devrait assez forte à court terme avant de s'atténuer sur le long terme.

Comment évaluez-vous la stratégie énergétique de la Confédération, plus particulièrement en ce qui concerne l'évolution de la demande en électricité et le potentiel des énergies renouvelables?

Axpo soutient en principe la stratégie énergétique du Conseil Fédéral, qui prévoit entre autre la sortie du nucléaire à long terme, mais aussi le renfort des subventions aux nouvelles énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique. Axpo, qui est d'ores et déjà le plus grand producteur d'électricité en Suisse à partir des nouvelles énergies renouvelables, a pour objectif de doubler la production issue des énergies renouvelables d'ici 2030. En raison du potentiel limité ou encore de la réticence attendue au vu de projets spécifiques, cette progression sera réalisée en grande partie à l'étranger. Le Conseil Fédéral espère une diminution de la consommation électrique dès 2020. Ceci ne semble pas réaliste de notre point de vue.

Selon vous quels sont les risques de cette nouvelle stratégie énergétique, et quelles conditions nécessaires doivent être mises en place par la Confédération pour une conversion réussie?

De nombreuses prévisions reposent sur des évolutions difficiles à estimer du point de vue actuel. C'est pourquoi il ne faut écarter aucune option dont on pourrait avoir besoin demain. Axpo va continuer à s'investir activement dans la conception du futur énergétique en Suisse. Nous accordons une grande importance au fait que la population doive prendre part aux décisions importantes de la politique énergétique. Des mesures de grande ampleur ayant des répercussions économiques sur la population doivent absolument faire l'objet d'une votation.

Comment Axpo peut-elle être sûre de parvenir à satisfaire le contrat de l'approvisionnement dans 25 ans et au-delà? Les importations d'électricité joueront-elles un rôle?

C'est aussi le rôle d'Axpo de garantir un approvisionnement en électricité sûr et durable dans sa zone d'action. En janvier 2012 nous avons commencé à mettre en œuvre notre nouvelle stratégie. Avec celle stratégie nous voulons être en mesure de réagir aux développements imprévisibles, notamment au moyen d'une production et d'un approvisionnement de plus en plus larges. Les importations d'électricité vont jouer un rôle de plus en plus grand à l'avenir.

Sous quelles conditions Axpo investirait-elle dans des centrales à gaz à cycle combiné?

En raison des réglementations actuelles concernant le CO₂, l'exploitation économique d'une centrale à gaz à cycle combiné n'est guère possible. Les centrales émettent des quantités de CO₂ considérables qui doivent être compensées à 100% en Suisse. Si un jour les conditions légales et économiques devenaient favorables, les centrales à gaz à cycle combiné pourraient être envisagées. La condition préalable majeure serait le rattachement de la Suisse au système d'échange de quotas de CO₂ de l'UE.

A quel prix de l'électricité doivent s'attendre les consommateurs dans 25 ans?

Il est clair que les importations d'électricité vont jouer un rôle plus grand, en accord avec la Stratégie Énergétique



Heinz Karrer est le directeur général d'Axpo Holding AG depuis 2002. Jusqu'en septembre 2007 il était également directeur général d'Axpo AG (NOK à

cette époque). Auparavant, Karrer a été membre du comité de direction de Swisscom AG, directeur de Ringier Suisse et membre du comité de direction de Ringier AG. De plus, il était engagé comme directeur général et membre du conseil d'administration d'Intersport Holding AG.

2050 du Conseil Fédéral. La nécessité de grands investissements engendre des coûts plus importants pour le droit d'exploitation du réseau électrique. D'autre part, nous devons envisager le fait que les taxes comme celles des nouvelles énergies renouvelables seront plus élevées. Nous devons donc nous attendre à ce que le prix de l'électricité augmente d'environ 30% au cours des dix prochaines années.

Réduire la consommation électrique est un objectif de la politique. Axpo va-t-elle prendre sa part de responsabilité afin de contribuer à l'atteinte de ce but? Des modèles d'activité vont-ils être développés à ce sujet?

Axpo reste attaché à l'objectif d'un approvisionnement sûr, durable et compétitif de l'électricité. Les exigences économiques et sociétales doivent être considérées. Au futur, Axpo va s'investir d'avantage dans l'efficacité énergétique, non seulement pour nos propres usines mais aussi pour notre clientèle.

Impressum

Le point sur l'énergie est une publication du PSI sur l'évaluation globale des systèmes énergétiques (projet GaBE).
Ont contribué à cette édition: Kannan Ramachandran, Hal Turton, Stefan Hirschberg

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. +41 56 310 29 56
stefan.hirschberg@psi.ch
<http://gabe.web.psi.ch/>

Rédaction: Christian Bauer

Distribution et souscriptions:
energiespiegel@psi.ch

Layout: Paul Scherrer Institut

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; Office fédéral de l'énergie (OFEN); swisselectric research; World Energy Council (WEC); Massachusetts Institute of Technology (MIT); Union Européenne (EU); International Energy Agency (IEA); Organisation pour la Coopération et le Développement Economique (OECD)

Emissions de CO₂, coûts et sécurité de l'approvisionnement

Sans nouvelles centrales nucléaires, le risque d'incidents liés au nucléaire en Suisse est supprimé. Mais la nouvelle politique énergétique n'est pas gratuite. Les répercussions vont se faire sentir dans le budget des ménages et le budget CO₂ de la Suisse. Des importations d'électricité ou de gaz pourraient signifier un approvisionnement en électricité moins stable.

Si l'on ne réduit pas fortement notre consommation d'électricité à l'avenir, la décision de renoncer aux centrales nucléaires impliquera l'importation de gaz naturel ou d'électricité de l'étranger. Ces deux types d'importations sont plus risqués que l'import d'éléments combustibles pour les centrales nucléaires du point de vue de la sécurité de l'approvisionnement. De plus l'Allemagne devrait, elle aussi, faire appel aux importations d'électricité dans le futur. Pourtant, cette stratégie ne peut pas fonctionner pour toute l'Europe. D'autre part, des pays comme la Russie ou l'Iran pourraient s'avérer être des fournisseurs peu fiables de gaz naturel.

Conséquences pour la politique climatique

En considérant une demande en électricité en l'an 2050 à peu près au niveau d'aujourd'hui

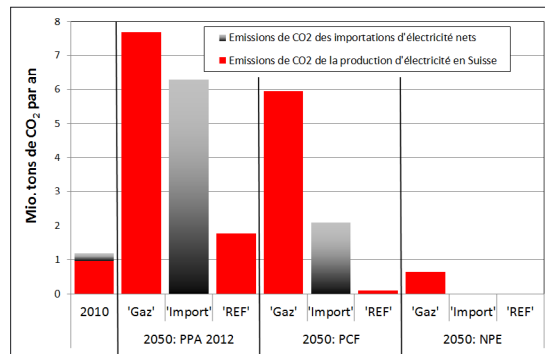


Figure 5: Emissions de gaz à effet de serre par an, directement issues de l'approvisionnement en électricité de la Suisse, dépendant de l'évolution de la consommation d'électricité (cf. Figure 1).

(développement «PCF», Figure 1) et dépendant entièrement de la production de gaz naturel, cela signifie qu'il faudrait sept nouvelles centrales à gaz, ce qui entraînerait un besoin d'importation en gaz naturel supplémentaire équivalent à ce qui est actuellement utilisé pour le chauffage et l'industrie. Six millions de tonnes de CO₂ seraient alors produites en plus par année (Figure 5, scénario «Gaz»). En comparaison des émissions actuelles de la Suisse d'à peu près 40 millions tonnes de CO₂ par an, cette augmentation représenterait 15% de surplus. Ces émissions de CO₂ des centrales à gaz représentent un obstacle supplémentaire pour atteindre l'objectif d'une réduction de 60% de CO₂ en 2050. Une compensation à l'échelle nationale de ces émissions supplémentaires serait coûteuse. Une solution parmi d'autres pourrait être la technologie de «Captage et stockage du CO₂»: le CO₂ des centrales électriques est «capté» et séquestré durablement dans le sous-sol (voir encadré). La faisabilité de ce processus en Suisse reste encore incertaine.

En appliquant la stratégie des importations (scénario «Import»), les émissions de CO₂ dépendent de la composition de l'électricité importée. Si la demande en électricité suit les prévisions «PCF», le niveau des émissions de CO₂ s'étend de zéro à deux millions de tonnes par année. Les bornes de cette fourchette correspondent d'une part à l'électricité «sans CO₂» des énergies renouvelables ou des centrales nucléaires, et d'autre part aux émissions de CO₂ du mix électrique moyen

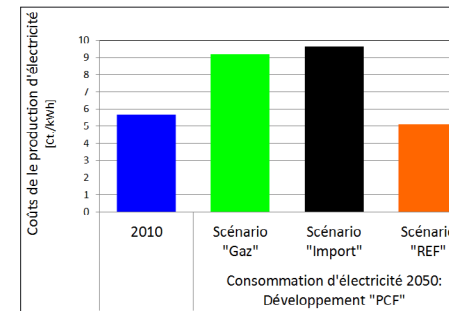


Figure 6: Coûts moyens de production d'un kilowattheure d'électricité selon trois scénarios à l'horizon 2050. Les bénéfices du commerce de l'électricité sont inclus.

de l'UE. Cependant, l'origine géographique du CO₂, s'il est produit en Suisse ou à l'étranger, n'a pas d'importance pour le climat. Simplement, ces émissions «grises» ne comptent pas dans le bilan Suisse, mais dans ceux des pays générant l'électricité.

Le remplacement des centrales nucléaires (scénario «REF») ne provoquerait presque pas d'émissions de CO₂.

Si la consommation s'accroît comme le prévoit la proposition «PPA 2012», il faudra huit centrales à gaz en 2050, ou de plus grandes importations d'électricité. En conséquence, les émissions de CO₂ grimperaient aussi.

Conséquences économiques

Bien qu'il soit difficile de prévoir le coût de production d'un kilowattheure d'électricité

dans 40 ans, celui-ci sera sans doute beaucoup plus haut qu'aujourd'hui (voir Figure 6). Dans les scénarios «Gaz» et «Import», les coûts moyens de production sont presque deux fois plus élevés qu'aujourd'hui. Les incertitudes liées aux estimations de coûts des importations de gaz naturel et d'électricité, mais aussi des centrales nucléaires et des énergies renouvelables pour 2050 sont grandes. Ces coûts ont pourtant une large influence sur les résultats des scénarios. Avec les hypothèses actuelles (voir tableau au verso), le fait de renoncer à remplacer les centrales nucléaires coûtera 60 milliards de francs jusqu'en 2050, uniquement pour l'approvisionnement en électricité, si l'on suit le scénario «PCF». Les coûts d'une extension du réseau électrique ne sont pas inclus dans cette estimation.

Les coûts pour l'approvisionnement en électricité seraient moindres si la demande en électricité baissait, comme le montre les prévisions «NPE». En revanche, des investissements plus conséquents seraient nécessaires pour des mettre en place des mesures d'efficacité électrique dans les secteurs résidentiel, industriel et les transports. Ce thème de l'approvisionnement énergétique global sera traité dans l'un des prochains numéros du Point sur l'Énergie.

«Captage et stockage du CO₂» désigne des technologies pouvant récupérer les émissions de CO₂ issues des centrales électriques ou de la production du ciment. Le CO₂ est comprimé et injecté au sein de structures géologiques appropriées à des profondeurs de 1000 mètres minimum. Le CO₂ est ainsi stocké et ne contribue plus au changement climatique. Une application possible de ce procédé en Suisse est en cours d'étude dans le projet CARMA, auquel le PSI participe également: <http://www.carma.ethz.ch/>

Été – hiver, jour et nuit

Avoir suffisamment d'électricité pour toute une année est une chose. Mais y-a-t-il assez en hiver lorsque tous les chauffages tournent à plein régime et que le soleil reste caché derrière les nuages? Que l'on soit en hiver ou en été, au milieu de la nuit ou un jour férié, la production et la consommation d'électricité oscillent fortement.

Afin que les scénarios d'approvisionnement futur en électricité puissent fournir à une image réaliste, les variations journalières de l'offre et de la demande doivent être prises en compte. Par exemple, les installations photovoltaïques ne fournissent de l'électricité que pendant la journée, et en quantité plus grande en été qu'en hiver. Pourtant, la demande est beaucoup plus forte en hiver. De même que l'offre et la demande varient, les prix des importations et exportations d'électricité changent au fil des jours et les saisons. Le modèle réalisé par le PSI prend en compte tous ces critères (voir encadré et tableau).

Beaucoup d'eau et de soleil en été, peu en hiver

La production et la consommation d'électricité au cours d'une semaine type durant l'été et l'hiver sont présentées dans la Figure 7, et ce pour les scénarios «Gaz» et «Import» en 2050.

En été, dans les deux scénarios l'électricité à bas prix est importée le soir et pendant la nuit (surface noire). La production photovoltaïque diurne (jaune) présente un rendement beaucoup plus grand en été. Les centrales hydrauliques à accumulation (bleu clair) produisent lorsque la demande est forte et que l'électricité est chère. En été, la plupart de

Potentiels et coûts de la production d'électricité en Suisse en 2050 selon le modèle TIMES

	Coûts de la production électrique [ct./kWh]	Potentiels de production d'électricité, supposés réalisables d'ici 2050 [TWh/a]
Centrale à gaz à cycle combiné	15.4	Flexible
Energie nucléaire	5.9	Zéro selon les scénarios „Gaz“ et „Import“ ~25 dans le scénario «REF»
Energie hydraulique	14 (nouvelles centrales)	38.3
Photovoltaïque	10.3	9.7
Energie éolienne	14.5	2.6
Géothermie	16.5	4.4
Bois	8.9	3.8
Importations d'électricité	∅ 16.4, 8.5–22.7 suivant le moment de la journée	Max. 17% de la consommation selon le scénario „Import“
Gaz (coûts du combustible)	6.7 ct. par kWh gaz naturel	

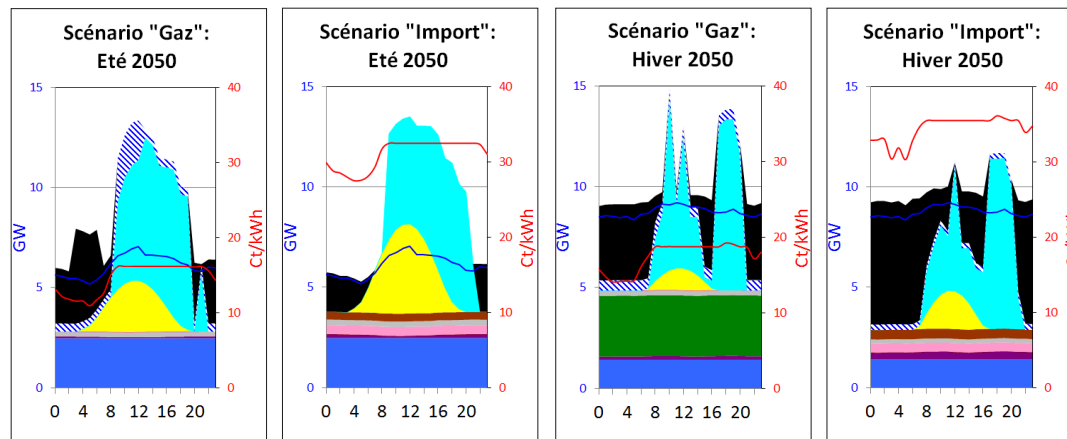


Figure 7: Fluctuations journalières de la production et de la consommation d'électricité selon les scénarios «Gaz» et «Import» en 2050. La ligne bleue indique la consommation et la ligne rouge les coûts de production d'un kilowattheure supplémentaire. Les différentes surfaces de couleurs représentent la production d'électricité de chaque technologie et les importations. La production doit être supérieure à la consommation de 7% afin de couvrir les pertes au sein du réseau électrique. Si la production dépasse de 7% la ligne bleue, une part de l'électricité est exportée. Le code de couleurs associé aux technologies est identique à celui des figures 3 et 4.

cette électricité stockée peut être exportée et apporter des bénéfices économiques.

En hiver, il est nécessaire d'importer même en journée du fait du faible rendement des panneaux photovoltaïques et des centrales hydrauliques. Dans le scénario «Import», sans centrales à gaz, ces importations sont nettement plus élevées: près des deux tiers de la consommation doivent être importés pendant plusieurs heures en raison d'une capacité de charge de base plus faible en Suisse.

Les centrales hydrauliques à accumulation peuvent être également utilisées pour compenser le déficit de production des installations solaires durant la nuit ou les périodes de mauvais temps, ou encore des éoliennes lorsqu'il n'y pas suffisamment de vent. En conséquence, les bénéfices dus aux exportations d'électricité seraient réduits voir supprimés.

Le «Modèle TIMES Suisse» est utilisé au PSI pour le calcul des scénarios d'approvisionnement de la Suisse en électricité. Ce modèle permet de déterminer le système le plus économique pour l'approvisionnement en électricité sous certaines conditions.

Afin d'optimiser le système dans son ensemble, les caractéristiques de chaque technologie sont considérées, par exemple les coûts, la disponibilité et la flexibilité. La résolution temporelle du modèle est d'une heure, de sorte que les fluctuations journalières de production et de consommation soient clairement illustrées. Ce modèle distingue les jours de la semaine, le samedi et le dimanche pour chacune des quatre saisons. Il est possible d'importer ou d'exporter de l'électricité à tout moment.