

# Feuille d'information

Janvier 2009

## Ecobilan de l'énergie nucléaire: efficacité et préservation de l'environnement

Le terme de «courant vert» est souvent utilisé dans la discussion publique. Il faut généralement comprendre par là l'électricité produite par des sources renouvelables et pauvres en CO<sub>2</sub> telles que la force hydraulique, le soleil ou le vent. L'énergie nucléaire est souvent mise ici entre parenthèses, ceci à tort, comme l'indiquent des études scientifiques approfondies. Un examen attentif des bilans énergétiques et environnementaux montre que l'électricité d'origine nucléaire fait aussi partie des sources d'énergie qui préservent l'environnement. Avec la force hydraulique, l'énergie nucléaire constitue même aujourd'hui le mode de production d'électricité dont l'efficacité énergétique est la plus élevée et qui est le plus respectueux de l'environnement.

### Le taux d'efficacité, l'alpha et l'oméga?

Des raisons relevant des lois de la nature font que dans une centrale nucléaire classique, seul un bon tiers de l'énergie thermique libérée par la fission nucléaire peut être transformé en énergie électrique. La technique nucléaire est souvent critiquée pour ce soi-disant faible niveau d'effi-

cacité. Le taux d'efficacité dans la centrale même ne rend toutefois guère compte de l'efficacité globale d'un système de production d'énergie.

Quelle que soit la technologie de production d'électricité appliquée, une partie considérable des dépenses énergétiques est utilisée en dehors de la centrale proprement dite, à savoir pour extraire et préparer le combustible, pour évacuer de manière sûre résidus et déchets, et naturellement aussi pour construire les centrales elles-mêmes et les démanteler ultérieurement. L'étude de la chaîne énergétique dans son ensemble montre ce qui suit: le taux d'efficacité thermique relativement faible des centrales nucléaires actuelles n'est un désavantage qu'en apparence. Le volume réduit de matériau qu'exige l'utilisation de l'énergie nucléaire présente une importance bien supérieure. Cette particularité fait précisément que les centrales nucléaires sont compétitives à tous égards par rapport aux autres technologies de production d'électricité.



Le combustible d'uranium sous sa forme d'utilisation dans les centrales nucléaires. Deux de ces pastilles d'uranium (UO<sub>2</sub>) permettent de couvrir la consommation d'électricité d'un ménage de quatre personnes pendant un an.

Photo: KKG

*La densité énergétique extrêmement élevée du combustible nucléaire, resp. les faibles quantités de matériau de base nécessaire, constituent l'avantage concurrentiel déterminant de l'énergie nucléaire sous les angles économique et écologique.*

Cet avantage est un point essentiel compte tenu des défis auxquels l'humanité est confrontée, du fait des besoins énergétiques croissants, surtout dans des pays émergents très peuplés tels que la Chine, le Brésil et l'Inde. Il s'agit de maintenir au niveau le plus bas les charges que fait peser la production d'énergie sur l'environnement et le climat tout en restant le plus économique possible avec les matières premières qui deviennent plus rares et plus chères telles que le fer, le cuivre ou l'aluminium.

### Efficacité énergétique

Les atouts de l'énergie nucléaire sautent aux yeux lorsque l'on examine l'efficacité énergétique de la chaîne de production nucléaire, c'est-à-dire la quantité totale d'énergie qui doit être employée pour pouvoir finalement produire de l'électricité dans la centrale nucléaire. Ces dépenses énergétiques primaires pour la construction des centrales nucléaires et la gestion de leurs déchets, de même que pour l'extraction et l'enrichissement de l'uranium, ainsi que la gestion des combustibles usés, atteignent nettement moins que 10% de la production d'électricité pendant la période d'exploitation. Avec les centrales hydrauliques et les éoliennes, l'énergie nucléaire se place donc dans le groupe de tête

en matière d'efficacité énergétique, largement devant la photovoltaïque.

L'efficacité énergétique de l'énergie nucléaire continue par ailleurs de s'améliorer: les deux dernières installations d'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse, installations grandes consommatrices d'énergie situées en France et aux Etats-Unis, sont en train d'être remplacées par des installations modernes à centrifugation. Les besoins en énergie exigés par l'enrichissement de l'uranium se trouveront ainsi réduits d'un cinquième.

*L'énergie nucléaire compte parmi les systèmes de production d'électricité de loin les plus avantageux en matière de dépenses d'énergie primaire.*

### Bilan énergétique des mines d'uranium

Contrairement à certaines affirmations, le coût de l'énergie dans les mines d'uranium ne revêt qu'une importance mineure dans la chaîne de production nucléaire. Les expériences pratiques réalisées jusqu'à présent montrent que des minerais d'uranium présentant des taux de concentration de 0,01% ou moins encore peuvent être extraits sans augmentation massive

D'autres informations sur l'efficacité énergétique de l'énergie nucléaire se trouvent sur le site de la World Nuclear Association, [www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org), liens «Information Papers» → «Energy Analysis of Power Systems»

### Recherche approfondie au PSI

L'Institut Paul-Scherrer (PSI), qui fait partie du Domaine des EPF, calcule et compare depuis des années les charges sur l'environnement et la santé des diverses techniques de production d'électricité dans des conditions réelles, ceci en Suisse et dans le réseau européen d'interconnexion électrique. Les chaînes énergétiques sont considérées ici «de A à Z» (analyses dites du «cycle de vie»). Pour l'énergie nucléaire, ceci signifie que toutes les phases de production sont intégrées dans les bilans, depuis l'extraction du minerai d'uranium et la fabrication du combustible jusqu'à la construction des centrales, le démantèlement des installations et l'évacuation des déchets radioactifs dans des dépôts géologiques profonds.

Les scientifiques du PSI se fondent ici sur la banque de données de l'EPF «ecoinvent», le plus gros recueil mondial de données pour analyses du cycle de vie. Les résultats du PSI ont été publiés dans des revues scientifiques connues et certifiées par des experts internationaux. Les données sont accessibles au niveau mondial et soumises ainsi à une analyse critique constante.

Il ressort des données du PSI qu'avec la force hydraulique et les éoliennes, l'énergie nucléaire présente le meilleur écobilan global si l'on considère toutes les charges qui pèsent sur l'environnement, la santé, la mise à profit de l'espace et la consommation de ressources.

D'autres informations sur les analyses de cycle de vie du PSI se trouvent sur le site <http://gabe.web.psi.ch>, Link «Life Cycle Assessment»

Efficacité énergétique élevée: des mines d'uranium telle que celle de Rössing, en Namibie (ci-contre), n'exigent pour leur exploitation qu'une infime partie de l'énergie qui est produite dans les centrales nucléaires à partir de l'uranium.  
(Photo: Rio Tinto)



du coût de l'énergie, et d'autres matières premières sont souvent extraites en même temps que l'uranium. Les mines d'uranium actuelles ne consomment que quelques pour-mille de la quantité d'énergie que l'on peut produire à partir d'uranium dans une centrale nucléaire conventionnelle, et ceci presque indépendamment de la concentration dans le minerai. Ceci signifie qu'en cas de consommation égale à celle d'aujourd'hui, les réserves d'uranium mondiales exploitables de manière économique sous l'angle énergétique seront suffisantes pendant des centaines d'années encore.

*Même en cas de mise en valeur de gisements d'uranium de très faible concentration, l'énergie nucléaire est une technique de production d'électricité d'une très haute efficacité énergétique.*

Il existe par ailleurs dans le monde des stocks importants d'uranium appauvri qui, en cas d'augmentation des prix de l'uranium, pourrait être traité encore une fois dans des usines d'enrichissement pour la fabrication de nouveau combustible. On trouve également des quantités considérables d'uranium dans les gisements de phosphates pour la production d'engrais, dans les terrils des déblais de mines d'or et dans les cendres retenues lors de la combustion de charbon.

Si, dans les décennies à venir, le parc mondial de centrales nucléaires est complété par des réacteurs rapides (surgénérateurs), la quantité d'électricité que l'on pourra produire à partir d'un kilogramme d'uranium naturel augmentera d'au moins 50%, et proportionnellement donc la durabilité des ressources mondiales en uranium. En cas d'utilisation de la technologie des réacteurs rapides, les stocks d'uranium appauvri suffiraient à eux seuls, en théorie, pour garantir pendant plus de 4000 ans la production mondiale des centrales nucléaires actuelles sans qu'une seule mine d'uranium doive être exploitée. De grands réacteurs rapides existent depuis des décennies. Ils ont démontré leur faisabilité industrielle.

A souligner enfin que la mise à profit du combustible nucléaire s'est considérablement améliorée ces dernières décennies du fait des progrès techniques, ce qui préserve d'autant plus les réserves naturelles mondiales d'uranium.

*L'énergie nucléaire ne préserve pas seulement les ressources terrestres naturelles, elle prépare aussi la disponibilité de ressources supplémentaires pour les générations futures. Plusieurs options parallèles s'offrent pour l'approvisionnement en combustible nucléaire de l'avenir.*

## Disponibilité

L'efficacité de l'énergie nucléaire s'explique aussi par le fait qu'en Suisse, les centrales nucléaires sont disponibles pendant onze mois environ par an pour la production d'électricité et ne doivent être arrêtées que quelques semaines pour la maintenance et le renouvellement du combustible. Ceci signifie qu'une centrale nucléaire produit annuellement environ six fois plus d'électricité qu'une ferme d'éoliennes et huit à neuf fois plus que des installations photovoltaïques de même puissance: la disponibilité de ces sources d'électricité dépend en effet des conditions du vent et de l'insolation et est donc soumise à de fortes fluctuations.

*Du fait de sa disponibilité élevée 24 heures sur 24 et à toutes les saisons, l'énergie nucléaire convient parfaitement pour couvrir la charge de base dans un réseau d'électricité.*

## Besoins en matières premières

La production d'électricité exige aussi l'utilisation de matières premières non énergétiques telles que du cuivre, du fer ou de l'aluminium, ainsi que du béton. Les matières premières métalliques en particulier ne sont pas illimitées sur terre, or elles sont employées dans presque tous les domaines vitaux.

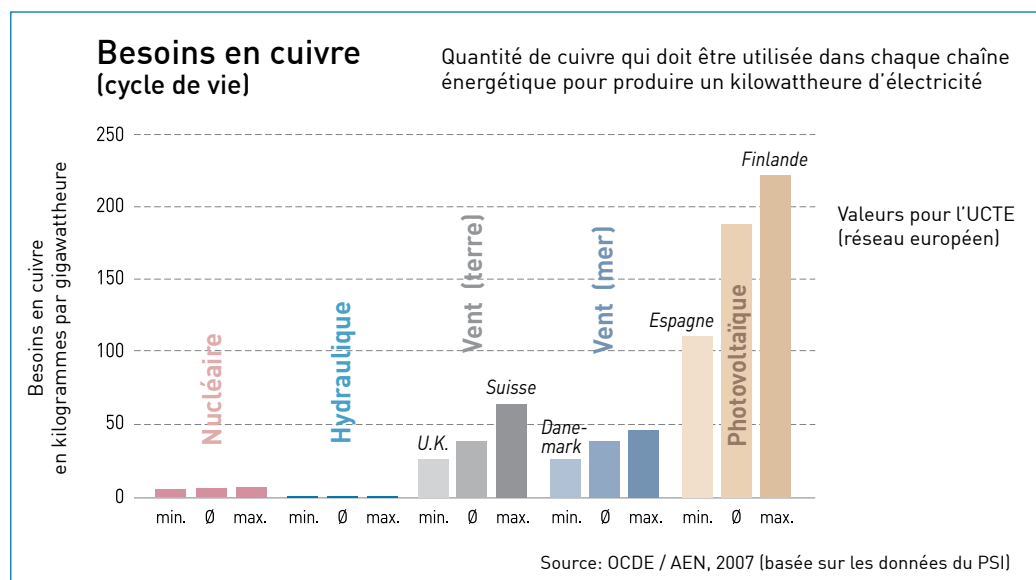
Les analyses du PSI sur le cycle de vie montrent qu'en matière de besoins de cuivre, métal

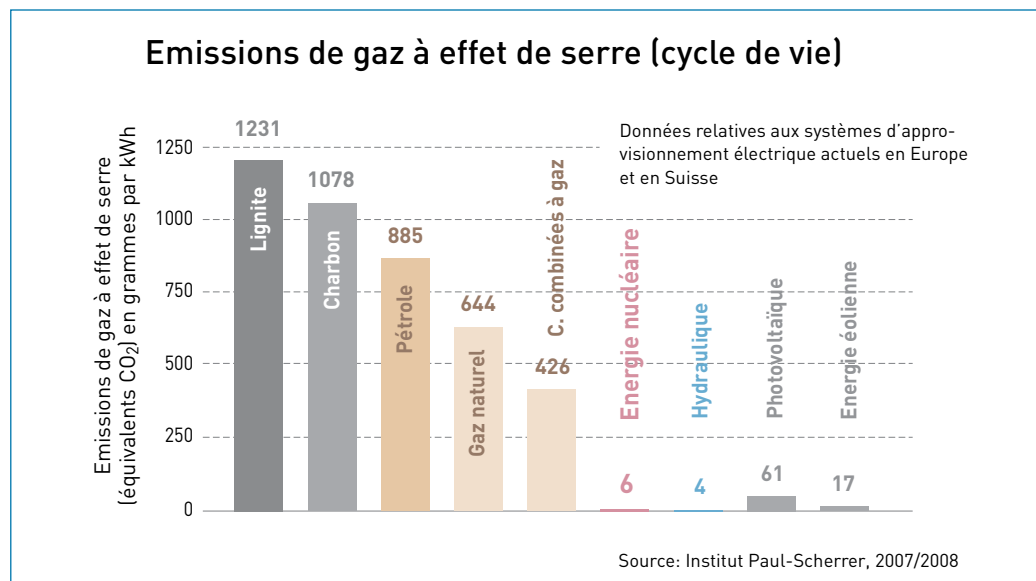
important pour l'économie électrique, la force hydraulique et l'énergie nucléaire obtiennent les meilleurs résultats, tandis que les éoliennes, et surtout les installations photovoltaïques, présentent un bilan bien plus mauvais, surtout lorsqu'elles sont aménagées dans des régions comme la Suisse où le vent est faible et le soleil relativement rare (voir le graphique). Cette constatation générale s'applique aussi à d'autres matières premières non-énergétiques telles que le fer, l'aluminium ou le béton.

*L'énergie nucléaire engage très peu de matériaux par rapport à d'autres techniques de production d'électricité, ce qui, en perspective de la pénurie des matières premières et à l'augmentation de leur prix, devrait prendre de plus en plus d'importance dans l'avenir.*

## Gaz à effet de serre

C'est à un résultat tout aussi évident qu'aboutissent les analyses du PSI sur le cycle de vie en matière de gaz à effet de serre: en Suisse, la force hydraulique et l'énergie nucléaire en génèrent le moins par kilowattheure. Ce bilan englobe toutes les phases de la chaîne de production nucléaire: construction et exploitation des centrales, coûts de l'extraction et de l'enrichissement de l'uranium et le gaz à effet de serre émis par la gestion des déchets radioactifs. Les émissions de 3,04 grammes d'équivalent CO<sub>2</sub> par kWh





D'autres informations sur la déclaration environnementale de la centrale nucléaire de Beznau se trouvent sur le site des Forces Motrices du Nord-Est de la Suisse SA (NOK): [www.nok.ch](http://www.nok.ch)

déterminées en détail dans le cadre de la déclaration environnementale de la centrale nucléaire de Beznau confirment les calculs des scientifiques du PSI.

Du fait de ces avantages, le Groupe d'experts de l'ONU sur l'évolution du climat (GIEC/IPCC) qualifie l'énergie nucléaire, parallèlement aux énergies renouvelables, de technologie clé pour atténuer le problème climatique. La différence par rapport aux agents énergétiques fossiles est évidente: si l'on produisait dans des centrales combinées à gaz modernes toute l'électricité nucléaire produite en Suisse, l'air se trouverait pollué d'une quantité supplémentaire de CO<sub>2</sub> égale à celle que rejette le parc automobile en Suisse.

*Les émissions très faibles de CO<sub>2</sub> de l'énergie nucléaire prouvent l'efficacité énergétique élevée du cycle du combustible nucléaire.*

### Substances polluantes et besoins d'espace

Comme pour les gaz à effet de serre, l'énergie nucléaire fait aussi partie, avec les énergies renouvelables, des technologies énergétiques les moins nocives pour la santé en termes de polluants atmosphériques tels que le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et les poussières fines, constatent encore les analyses du PSI sur le cycle de vie.

Il en est de même pour le besoin d'espace: l'énergie nucléaire est même clairement ici la technique de production d'électricité la plus économe, mines d'uranium comprises.

### Question des déchets radioactifs

C'est naturellement l'indicateur où la position de l'énergie nucléaire est de loin la moins favorable par rapport à d'autres systèmes de production d'électricité. L'avantage de la densité énergétique énormément élevée de l'uranium fait toutefois que comparé à des déchets chimiques spéciaux ou même aux ordures ménagères, le volume des déchets radioactifs est extrêmement réduit.

Les centrales nucléaires suisses actuelles devraient produire un total de 1250 mètres cubes de déchets de haute activité d'ici à la fin de leur durée d'exploitation, ce qui (sans l'emballage), correspond au volume d'une maison individuelle. Avec l'emballage, quelque 7300 mètres cubes seront à gérer.

Viennent s'y ajouter quelque 60 000 mètres cubes de déchets de faible et de moyenne activité (emballés) provenant de l'exploitation des centrales et de leur démantèlement; ils ne représentent toutefois que 1,7% de la radioactivité de tous les déchets. Chaque habitant de la Suisse abandonne par exemple presque 50 fois plus de déchets issus de l'incinération des ordures,

déchets qui contiennent des métaux lourds et sont déposés dans des décharges à ciel ouvert.

D'autres informations sur la quantité des déchets radioactifs se trouvent sur le site de la Nagra: [www.nagra.ch](http://www.nagra.ch), liens «Comment évacuer?» → «Déchets» → «Volumes»

Les quantités réduites de déchets radioactifs peuvent être intégralement confinées et enfouies pour une très longue durée dans des dépôts en couches géologiques profondes sans qu'il soit porté atteinte à l'environnement. Le Conseil fédéral a reconnu cette réalité et a approuvé la démonstration de la faisabilité du stockage de toutes les catégories de déchets radioactifs fournie par la Nagra. Il a introduit au printemps 2008 la procédure de sélection des sites concrets de stockage.

Conformément au principe du pollueur-payeur, les coûts engendrés par la gestion des déchets radioactifs, de l'ordre de milliards de francs, sont financés par les centrales nucléaires, resp. par les consommateurs d'électricité nucléaire. Du fait de la création élevée de valeur qu'engendre la production d'électricité nucléaire, ces coûts peuvent être financés sans qu'il soit porté atteinte pour autant à la compétitivité de l'énergie nucléaire.

*Le volume réduit des déchets et la valeur ajoutée élevée qu'engendre la production d'électricité nucléaire font qu'il est techniquement possible et économiquement faisable de confiner les déchets radioactifs et d'assurer leur évacuation sûre pendant une durée suffisamment longue.*

Forum nucléaire suisse  
Case postale 1021  
3000 Berne 14  
Téléphone 031 560 36 50  
Téléfax 031 560 36 59  
[info@forumnucleaire.ch](mailto:info@forumnucleaire.ch)  
[www.forumnucleaire.ch](http://www.forumnucleaire.ch)



Gestion méthodique: après 50 ans d'utilisation d'électricité d'origine nucléaire, chaque habitant suisse laisse cette petite quantité de combustible nucléaire usé de haute activité.

Photo: Forum nucléaire suisse

## Conclusions

→ Avec la force hydraulique, l'énergie nucléaire est aujourd'hui le mode de production d'électricité le plus respectueux de l'environnement, avec l'efficacité énergétique la plus élevée.

→ Tous les indicateurs relatifs aux bilans énergétiques et environnementaux montrent que le courant nucléaire devrait porter le label «courant vert», ce courant étant produit de manière au moins aussi respectueuse de l'environnement que tel est le cas des énergies renouvelables.

→ Les faibles valeurs de CO<sub>2</sub> témoignent de l'efficacité globale élevée des systèmes d'énergie nucléaire. Les coûts de production de l'électricité, eux aussi de faible niveau, reflètent le rapport favorable entre coût et bénéfice social global.

→ Les travaux de développement en cours et les perspectives concernant la matière première permettent d'escompter que l'énergie nucléaire devienne encore nettement plus efficace et remplisse tous les critères de la durabilité.

→ Les systèmes d'énergie nucléaire, comme les énergies renouvelables, présentent de manière générale des écobilans d'autant plus performants que l'on utilise moins d'énergie primaire fossile, en particulier du charbon, pour l'approvisionnement électrique global.

→ Les déchets radioactifs peuvent être évacués durablement en Suisse sans qu'il soit porté atteinte à l'environnement. La procédure de sélection des sites de stockage est en cours.

→ Du côté des coûts, l'énergie nucléaire comparativement bon marché peut faire bénéficier les énergies renouvelables, nettement plus chères, de subventions croisées, le prix de l'électricité à écobilan favorable pouvant ainsi être maintenu à un niveau plus bas que sans énergie nucléaire.