

Feuille d'information

Octobre 2015

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 CO₂ telles que la force hydraulique, le soleil ou le vent. L'énergie nucléaire est souvent écartée, à tort, comme l'indiquent des études scientifiques approfondies. Un examen attentif des bilans énergétiques et environnementaux de systèmes de production d'électricité modernes montre que l'énergie nucléaire est devenue en réalité l'une des sources d'énergie les plus efficaces et qui préservent le plus l'environnement, juste derrière la force hydraulique.

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



Le combustible d'uranium sous sa forme d'utilisation dans les centrales nucléaires. Deux de ces pastilles d'uranium (UO₂) permettent de couvrir la consommation d'électricité d'un ménage de quatre personnes pendant un an.

Photo: KKG

Quelle que soit la technologie de production d'électricité non fossile employée, une partie considérable des dépenses énergétiques est utilisée en dehors de la centrale proprement dite pour extraire et préparer le combustible, pour évacuer résidus et déchets, et naturellement aussi pour construire la centrale elle-même et procéder ultérieurement à la réhabilitation du site. L'étude globale de la chaîne de production montre que le taux d'efficacité thermique relativement faible des centrales nucléaires actuelles n'est qu'un inconvénient apparent, largement compensé par le taux minime des émissions de substances nocives et de gaz à effet de serre et par les faibles quantités de matériau qu'exige leur fonctionnement.

La densité énergétique extrêmement élevée du combustible nucléaire, les faibles émissions et les quantités relativement minimes des matériaux nécessaires constituent les avantages concurrentiels décisifs 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, notamment dans les 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 des matières premières qui deviennent plus rares et plus chères (p. ex. fer, cuivre, aluminium).

fusion gazeuse, installations grandes consommatrices d'énergie situées en France et aux Etats-Unis, ont en effet été remplacées par des installations modernes à centrifugation au cours des dernières années. Les besoins en énergie exigés par l'enrichissement de l'uranium sont ainsi cinquante fois moins importants.

L'énergie nucléaire compte parmi les systèmes de production d'électricité de loin les plus avantageux en matière de taux de retour énergétique.

Un taux de retour énergétique élevé

Les atouts de l'énergie nucléaire sont évidents 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. La consommation d'énergie pour la construction et la gestion des déchets pour la centrale elle-même, pour l'extraction, la préparation et l'enrichissement de l'uranium, ainsi que pour la gestion du combustible usé, est inférieure à 10% de l'électricité produite durant l'exploitation. L'énergie nucléaire possède ainsi un des meilleurs taux de retour énergétique (TRE), avec les centrales hydrauliques et les centrales combinées au gaz.

Ce taux de retour énergétique continue par ailleurs de progresser: les deux dernières installations d'enrichissement de l'uranium par dif-

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 peuvent être extraits sans augmentation massive 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. Cela signifie qu'en cas de consommation égale à celle

Des informations complémentaires sur l'efficacité énergétique de l'énergie nucléaire sont disponibles sur le site de la World Nuclear Association: www.world-nuclear.org, liens «Information Library» → «Energy Analysis of Power Systems»

Des informations complémentaires sur les analyses de cycle de vie du PSI sont disponibles sur le site du Laboratory for Energy Systems Analysis (LEA): www.psi.ch/lea (en anglais)

Recherche approfondie au PSI

L'Institut Paul-Scherrer (PSI), une institution 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, et cela en Suisse et dans le réseau européen d'interconnexion électrique. Les chaînes énergétiques sont considérées ici «de A à Z» (analyses dites «Life Cycle Assessment»). Pour l'énergie nucléaire, cela 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, au démantèlement des installations et à l'évacuation des déchets radioactifs dans des dépôts géologiques profonds.

Les scientifiques du PSI se fondent ici sur la banque de données «ecoinvent», créée par le PSI, les EPF de Zurich et Lausanne, l'EMPA, et l'Agroscope – le plus gros recueil mondial de données pour des Life Cycle Assessments. 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.

Des mines d'uranium telles 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)



d'aujourd'hui, les réserves mondiales d'uranium, dont l'exploitation ne nécessite que peu d'énergie, seront suffisantes pendant encore des centaines d'années.

Même malgré la mise en valeur de gisements avec des minerais d'uranium à 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 quantités importantes d'uranium appauvri qui, en cas d'augmentation des prix de l'uranium, pourraient être une nouvelle fois traitées 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 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'agrandissement du parc nucléaire actuel par 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 existantes sans qu'une seule mine d'uranium doive être exploitée.

A souligner enfin que l'utilisation 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 naturelles de notre planète, elle offre aussi des ressources supplémentaires aux générations futures. Plusieurs options s'offrent pour l'approvisionnement en combustible nucléaire dans le futur.

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'ensoleillement et est donc soumise à de fortes fluctuations.

Du fait de sa disponibilité élevée 24 heures sur 24 quel que soit le moment de l'année, 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, et elles sont utilisées dans presque tous les domaines de la vie courante.

Les analyses de l'Institut Paul-Scherrer (PSI, voir l'encadré page 2) sur le cycle de vie montrent qu'en matière de besoins en 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 inférieur, d'autant plus lorsqu'elles sont construites dans des pays 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 métaux tels que le fer ou l'aluminium.

L'énergie nucléaire nécessite très peu de matériaux par rapport aux centrales éoliennes et aux cellules solaires, ce qui, dans un contexte de pénurie et d'augmentation des prix des matières premières, devrait jouer un rôle de plus en plus important à l'avenir.

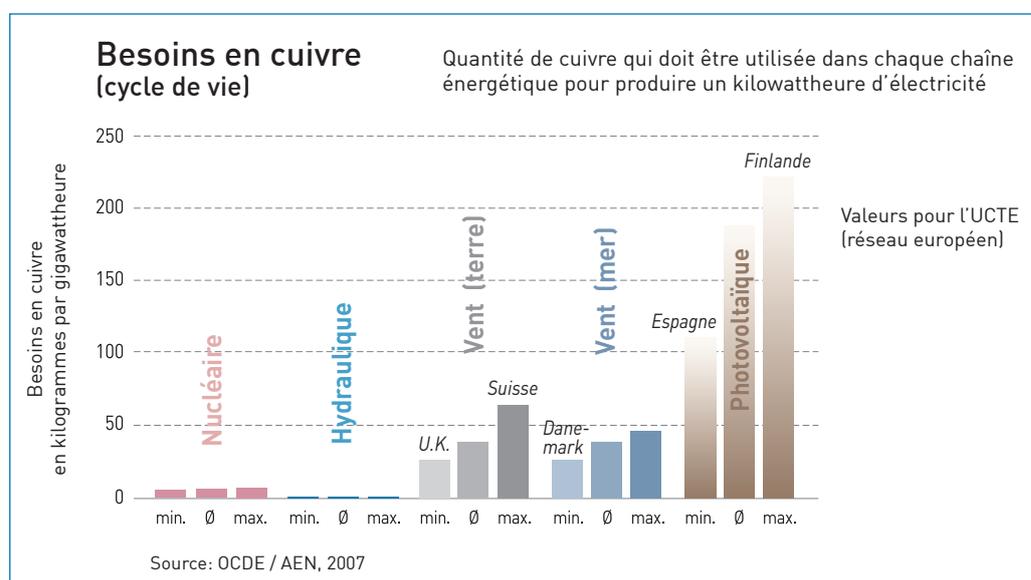
Polluants atmosphériques et besoin d'espace

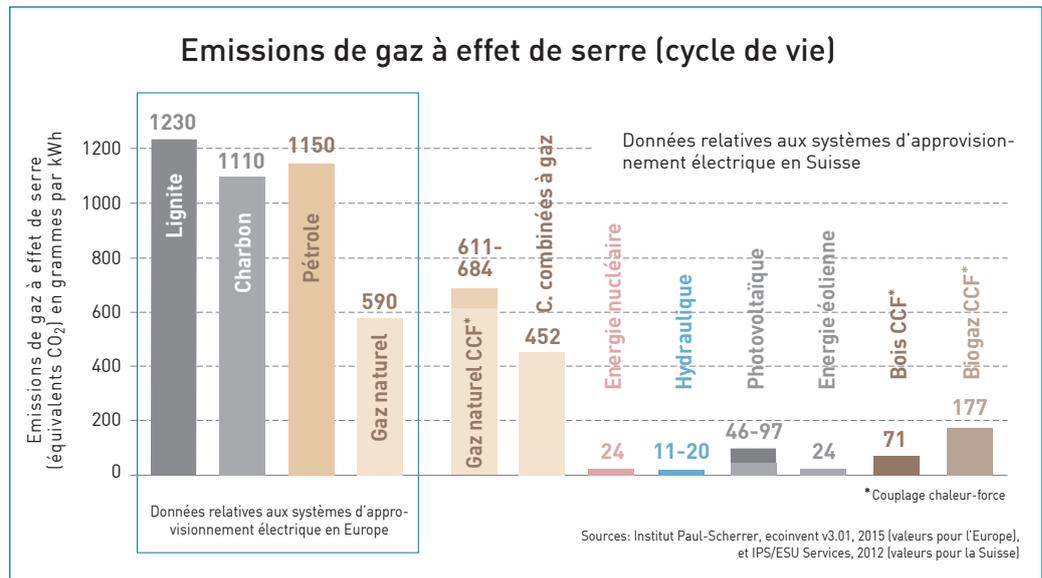
Selon les analyses du PSI sur le cycle de vie, l'énergie nucléaire fait aussi partie, avec les énergies renouvelables, des technologies énergétiques les moins nocives pour la santé en termes de polluants atmosphériques tels que le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x) et les poussières fines.

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.

Gaz à effet de serre

Les analyses du PSI sur le cycle de vie montrent par ailleurs que la production d'électricité grâce à la force hydraulique et à l'énergie nucléaire, tel que cela est le cas en Suisse, est l'option qui





Des informations complémentaires concernant l'indice du développement durable du Conseil mondial de l'énergie sont disponibles sur le site www.worldenergy.org, liens «Publications» → «2014» → «World Energy Trilemma 2014» → «2014 Energy Trilemma Index»

génère le moins de gaz à effet de serre. 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 gaz à effet de serre émis dans le cadre de la gestion des déchets radioactifs. Le graphique ci-dessus indique les valeurs moyennes en Suisse et en Europe.

Les émissions de CO₂ très faibles issues de l'énergie nucléaire prouvent l'efficacité énergétique élevée du cycle du combustible nucléaire.

La Suisse, n°1 mondial grâce à l'énergie nucléaire

Au vu des avantages précités, le Groupe d'experts de l'ONU sur l'évolution du climat (GIEC/IPCC) qualifie l'énergie nucléaire de technologie clé pour atténuer le problème climatique, au même titre que les énergies renouvelables. La différence par rapport aux agents énergétiques fossiles est évidente: si l'on produisait dans des centrales combinées à gaz modernes une quantité d'électricité équivalente à l'électricité d'origine nucléaire produite en Suisse, l'air que nous respirons contiendrait une quantité supplémentaire de CO₂ égale à celle rejetée par tout le parc automobile suisse.

Le bilan écologique favorable de l'énergie nucléaire a été officiellement reconnu dans cer-

tains pays tels que la Grande-Bretagne et les Etats-Unis, où l'énergie nucléaire est qualifiée de «clean energy» et est autant encouragée que les énergies renouvelables. L'exemple de la Suisse donne par ailleurs raison à ces pays: notre pays possède l'indice du développement durable le plus élevé au monde, et ce notamment grâce à notre mix énergétique actuel, respectueux de l'environnement et fiable, composé de 55% d'hydraulique et de près de 40% de nucléaire.

Question des déchets radioactifs

Il s'agit là du point noir de l'énergie nucléaire par rapport à d'autres systèmes de production d'électricité. L'avantage de la densité énergétique très élevée de l'uranium fait toutefois que, comparé à des déchets chimiques spéciaux, le volume des déchets radioactifs est réduit.

Les centrales nucléaires suisses actuelles devraient produire d'ici à la fin de leur durée de vie au total près de 7300 mètres cubes de déchets de haute activité, emballage compris, ce qui correspond au volume de sept maisons individuelles. Viennent s'ajouter quelque 60000 mètres cubes de déchets de faible et de moyenne activité (emballés) provenant de l'exploitation des centrales et de leur démantèlement; ceux-ci 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,

Des informations complémentaires sur la quantité des déchets radioactifs sont disponibles sur le site de la Nagra: www.nagra.ch, liens «Quoi gérer» → «Volumes»

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

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 ne 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. La procédure de sélection de sites adaptés pour accueillir un tel dépôt en couches géologiques profondes est en marche.

Conformément au principe du pollueur-payeur, les coûts engendrés par la gestion des déchets radioactifs, qui se chiffrent en milliards de francs, sont financés par les centrales nucléaires et par les consommateurs d'électricité nucléaire. Du fait de la valeur ajoutée qu'engendre la production d'électricité nucléaire, ces coûts peuvent être financés sans que cela n'impacte pour autant 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 et économiquement possible de confiner les déchets radioactifs et d'assurer leur gestion sûre pendant une durée suffisamment longue.

Forum nucléaire suisse
Frohburgstrasse 20
4600 Olten
Téléphone 031 560 36 50
info@forumnucleaire.ch
www.forumnucleaire.ch



Gestion méthodique: après 50 ans d'utilisation d'électricité d'origine nucléaire, telle est la quantité minimale de combustible nucléaire usé de haute activité léguée par chaque habitant suisse.

Photo: Forum nucléaire suisse

Conclusions

→ L'énergie nucléaire est une source d'énergie efficace et très respectueuse de l'environnement. Seule la force hydraulique dépasse encore son bon bilan écologique global.

→ Tous les indicateurs relatifs au bilan énergétique et environnemental montrent que le courant nucléaire est tout aussi «écologique» que le soi-disant «courant vert» puisqu'il est produit de manière au moins aussi respectueuse de l'environnement que le courant issu des nouvelles énergies renouvelables.

→ Les faibles valeurs de CO₂ témoignent de l'efficacité globale élevée des systèmes d'énergie nucléaire. Les coûts de production de l'électricité, faibles eux aussi, reflètent le rapport favorable entre coût et bénéfice sociétal global.

→ Les travaux de recherche en cours et les perspectives relatives aux matières premières laissent supposer que l'énergie nucléaire deviendra encore bien plus efficace. Son potentiel de développement est énorme.

→ 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 que cela n'impacte l'environnement. La procédure de sélection des sites de stockage est en cours.

→ Côté coûts, l'énergie nucléaire, comparativement bon marché, permet aux énergies renouvelables, nettement plus chères, de bénéficier de subventions croisées, le prix de cette électricité à écobilan favorable pouvant ainsi être maintenu à un niveau plus bas que sans énergie nucléaire.