

L'énergie nucléaire: Son rôle futur dans le bilan énergétique mondial

*Croissance modérée, mais contribution toujours significative
du nucléaire au début du siècle prochain*

par
B.A. Semenov,
D. Guthrie,
et Y. Tatsuta

Les prévisions de la demande et de l'offre d'énergie au-delà de l'an 2000 doivent être considérées avec beaucoup de circonspection. Elles doivent tenir compte de nombreuses variables qu'il est difficile d'évaluer. Il est néanmoins possible de dégager des tendances générales relativement sûres.

Pour une juste appréciation du rôle que l'énergie nucléaire jouera dans le bilan énergétique mondial au cours des 30 prochaines années, il faut évidemment prendre plusieurs facteurs en considération, notamment les tendances globales de la demande d'énergie et d'électricité, les sources d'énergie effectivement disponibles ou estimées, les conditions essentielles auxquelles ces sources doivent répondre, le potentiel du secteur nucléaire, une évaluation réaliste de la situation actuelle de ce secteur et, enfin, les problèmes que pose l'énergie nucléaire.

Energie et électricité: Tendances mondiales

Les prévisions présentées au Congrès de 1989 du Conseil mondial de l'énergie montrent que la consommation d'énergie du monde entier augmentera de 50 à 75% entre 1985 et 2020. D'après les évaluations de l'AIEA faites en 1991, il faut prévoir une augmentation de 28 à 41% pour la période 1990-2010. L'estimation par l'AIEA de la production totale d'énergie pendant cette période donne un taux de croissance de 3 à 4% par an. Dans certaines régions — Amérique latine, Afrique, Moyen-Orient et Asie du Sud, Asie du Sud-Est et Pacifique, et Extrême-Orient — on assistera pratiquement à un doublement de la puissance installée d'ici à 2010 (voir le tableau).

Ainsi, les prédictions du Conseil mondial de l'énergie et de l'AIEA concordent en ce

Prévisions de la puissance installée totale (GWe)

	1990	2000	2010
Amérique du Nord	857	1 125	1 394
Amérique latine	167	288	412
Europe occidentale	584	707	837
Europe orientale et URSS	482	664	827
Afrique	76	131	194
Moyen-Orient et Asie du Sud	161	249	362
Asie du Sud-Est et Pacifique	79	113	150
Extrême-Orient	389	532	729
Total mondial	2 795	3 809	4 904
Pays de l'OCDE	1 655	2 110	2 558
Pays du CAEM	471	649	811
Reste du monde	669	1 051	1 535

Source: AIEA. Les chiffres correspondent à un scénario de faible croissance.

M. Semenov est directeur général adjoint de l'AIEA chargé du Département de l'énergie et de la sûreté nucléaires. M. Guthrie et M. Tatsuta travaillent dans ce département. Leur article est une mise à jour d'un exposé fait à la conférence annuelle 1991 du Forum atomique industriel du Japon, à Tokyo.

qu'elles prévoient une augmentation rapide de la demande. Plusieurs autres études, dont celles faites par l'Agence internationale de l'énergie de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AIE/OCDE), par la

Commission des Communautés européennes (CCE) et par l'Institut international d'analyse appliquée des systèmes (IIAAS), aboutissent à des conclusions analogues.

Ressources énergétiques

Lorsqu'on étudie les problèmes que pose le développement à grande échelle du secteur énergétique mondial au cours des 30 prochaines années, il faut, bien évidemment, ne prendre en considération que les sources et les technologies éprouvées et rentables ou celles qui sont encore à l'étude mais promettent d'apporter leur contribution, dans de bonnes conditions économiques, pendant la période considérée.

Cela revient à ne tenir pratiquement compte que de quelques sources d'énergie bien connues, dites «classiques», tels le charbon, le pétrole, le gaz, l'énergie hydraulique et l'énergie nucléaire.

Quant aux autres sources d'énergie actuellement à l'étude, telles que l'énergie solaire, l'énergie éolienne, la biomasse, la géothermie et l'énergie marémotrice, elles sont nécessairement exclues de la liste des grandes sources facilement accessibles, éprouvées et rentables. Dans ses conclusions de 1989, le Conseil mondial de l'énergie a estimé que la contribution de ces sources d'énergie renouvelables ne représenterait pas plus de 3% de la demande mondiale en 2020.

Pour évaluer le rôle potentiel des sources d'énergie classiques, dont l'énergie nucléaire, il faut tenir compte de plusieurs facteurs économiques, politiques, environnementaux et sociaux qui peuvent intervenir dans les décisions qu'auront à prendre les responsables. Dans ce contexte, les considérations les plus importantes sont la compétitivité économique, les effets sanitaires et environnementaux, la disponibilité à long terme des ressources, leur diversification et leur acceptation par le public.

Compte tenu de ces éléments, une brève revue des grandes sources d'énergie disponibles permet de conclure que:

Le charbon sera exploité pendant plusieurs siècles encore et restera probablement économiquement compétitif dans les limites des exigences actuelles de l'environnement. Il est cependant écologiquement nuisible à longue échéance. L'adoption de techniques nouvelles et perfectionnées d'épuration peut réduire sensiblement les émissions d'oxyde d'azote et d'anhydride sulfureux, mais peut nuire en même temps à sa compétitivité économique. Quoi qu'il en soit, l'«effet de serre» demeurera l'inconvénient majeur du charbon et la lutte contre le CO₂ risque d'affaiblir encore sa compétitivité.

Le pétrole et le gaz serviront encore pendant plusieurs décennies, mais les coûts de leur extraction augmenteront progressivement tandis que diminuera leur compétitivité. Il est possible, toutefois, et il faudrait, que l'industrie chimique les utilise avec des meilleurs rende-

ments comme charge d'alimentation. Leur combustion nuit moins à l'environnement que celle du charbon. Le gaz naturel émet deux fois moins de CO₂ que le charbon, mais les fuites, au niveau des gazoducs, sont de 1 à 2%, ce qui peut annuler ses avantages. Le transport à longue distance peut parfois causer de graves problèmes.

Quant à l'énergie hydraulique, ses possibilités sont limitées. Le potentiel hydraulique mondial est déjà exploité à 60% environ et, dans les pays industriels, à près de 100%. Cette forme d'énergie est jugée écologiquement propre, mais, à y regarder de plus près, elle n'est pas tellement douce pour l'environnement à cause de son impact sur les zones à submerger et sur le régime des cours d'eau, par exemple.

L'énergie nucléaire sera exploitable pendant des siècles, notamment grâce au plutonium, et elle est rentable. Dans les conditions normales d'exploitation, les centrales nucléaires sont écologiquement propres et peuvent être neutralisées dans une mesure acceptable en cas d'accident. Elle est en outre pratiquement exempte des difficultés que connaissent normalement les approvisionnements en combustible. Malgré ses avantages avérés et son potentiel, son avenir demeure incertain dans nombre de pays.

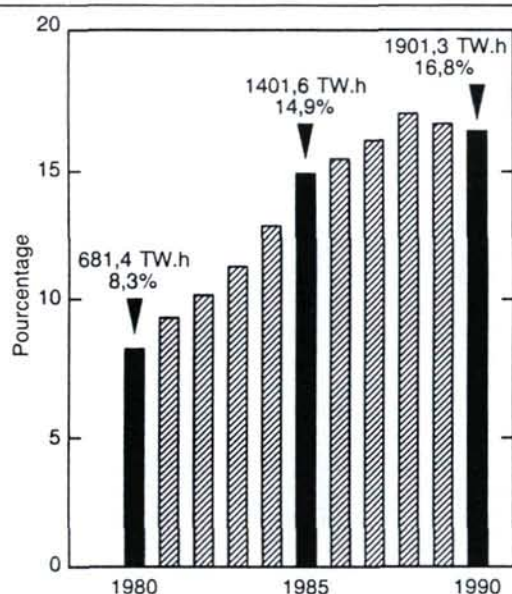
Situation actuelle du secteur nucléaire

A ce jour, 24 pays consomment de l'électricité d'origine nucléaire. Quatre autres — la Chine, Cuba, la République islamique d'Iran et la Roumanie — ont mis leurs premières centrales nucléaires en chantier.



En Asie du Sud-Est et dans d'autres régions en développement, on prévoit de doubler la puissance installée au cours des 20 prochaines années. Sur notre photo, vérification d'une ligne à haute tension en Indonésie. (Photo EdF)

Production d'électricité d'origine nucléaire et pourcentage de la production totale d'électricité entre 1980 et 1990



Source: AIEA.

A la fin de 1990, on comptait 423 réacteurs en exploitation dans le monde entier, représentant une puissance installée totale nette de 326 gigawatts-électriques (GWe). Par ailleurs, 83 réacteurs totalisant près de 66 GWe étaient en construction. Pendant le courant de l'année, 10 nouveaux réacteurs ont été mis en service au Canada, aux Etats-Unis, en France, au Japon et en URSS.

Les centrales nucléaires ont produit quelque 1901 térawattheures en 1990, soit une augmentation de 2,5% par rapport à 1989, assurant ainsi 16,8% de la production mondiale d'électricité (voir le graphique). En France, la proportion d'électricité d'origine nucléaire atteint 75%; en Belgique, 60%; en Hongrie, 51%; en République de Corée, 49%; en Suède, 46%. La proportion dépasse actuellement 30% dans 10 pays.

Quant à la puissance installée nucléaire, la part des pays de l'OCDE était de 81,4% en 1990, tandis que les Etats Membres du Conseil d'assistance économique mutuelle (CAEM) comptaient pour 13%, et les pays en développement pour 5,6%.

L'avenir du nucléaire (en GWe)

	1990		2010 (scénarios à faible et forte croissance)		Accroissement annuel moyen
	Puissance installée nucléaire	Fraction de la puissance installée totale	Puissance installée nucléaire	Fraction de la puissance installée totale	
Total mondial	326	11,7%	Nouvelles tranches	Total	9,3%
			130	456	
Pays en développement	18	2,7%	28	46	3,0%
			55	73	3,6%

Source: AIEA.

Bien que l'accident de Tchernobyl ait très fortement influencé le développement et la planification du secteur nucléaire dans un certain nombre de pays, notamment en URSS, 98 GWe ont été installés dans le monde entier depuis l'accident tandis que, dans le même temps, 24 GWe étaient mis hors service ou annulés.

L'avenir de l'énergie d'origine nucléaire

Au cours des dix prochaines années, le développement du secteur nucléaire ne sera pas ce qu'il a été, d'abord à cause du fléchissement de l'augmentation de la consommation d'électricité dans les pays industriels au cours des dix dernières années du fait de l'annulation ou du retardement des nouvelles tranches prévues, mais aussi parce que le public s'est montré de plus en plus préoccupé par le nucléaire. C'est pourquoi la croissance effective a toujours été inférieure aux prévisions. Etant donné que la réalisation d'un projet demande toujours beaucoup de temps, la mise en service des nouvelles tranches nucléaires dans le proche avenir (c'est-à-dire jusque vers la fin du siècle) sera largement fonction des décisions antérieures, sans parler des délais de construction et d'obtention des permis d'exploitation ou encore des changements de politique. L'avenir après l'an 2000 est moins prévisible mais il sera peut-être moins sombre.

Selon les récentes estimations de l'AIEA, et d'après le scénario faible, la puissance nucléaire installée totale passerait de 326 GWe en 1990 à quelque 460 GWe en 2010, ce qui correspondrait à une croissance annuelle moyenne de 1,7% et à une augmentation totale d'environ 130 GWe (voir le tableau).

Pendant ce temps, la puissance installée nucléaire des pays en développement (c'est-à-dire ni membres de l'OCDE ni membres du CAEM aux fins statistiques) devrait atteindre 46 GWe en 2010, c'est-à-dire 28 GWe de plus qu'actuellement, ce qui correspond à une croissance annuelle moyenne de 4,7%. Dans ces mêmes pays, on s'attend que la part du nucléaire dans la production d'électricité continuera de croître, pour passer de 4% en 1990 à 6% en 2010. On estime que 22% de la puissance de toutes les nouvelles tranches nucléaires qui seront installées dans le monde d'ici à 2010 correspondra aux pays en développement.

Les facteurs de l'avenir du nucléaire

Plusieurs facteurs influenceront sur le développement du secteur nucléaire dans l'avenir.

Economie. L'économie de l'énergie nucléaire, de même que celle des autres sources d'énergie, est un objectif mouvant plutôt qu'un avantage acquis d'avance. D'après une récente évaluation faite conjointement par l'AIEA et l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE,

l'énergie nucléaire se révèle comme toujours très compétitive dans plusieurs pays. Sa compétitivité est néanmoins directement influencée par des facteurs tels que les délais de construction et d'homologation, le degré de normalisation, les taux d'intérêt et le coût des combustibles concurrents. Aussi, pour maintenir et améliorer encore la compétitivité économique de l'énergie nucléaire faudrait-il prendre certaines mesures, notamment au niveau des formalités administratives d'homologation.

Certains perfectionnements, notamment en ce qui concerne les réacteurs avancés, sont fondés sur des techniques éprouvées et facilitent la réalisation de réacteurs simplifiés, plus sûrs et moins onéreux, dont l'homologation ne pose pas de problème. La tendance naturelle du pétrole et du gaz à augmenter progressivement de prix, du fait de l'épuisement des ressources, favorise aussi l'énergie nucléaire.

Impact environnemental. L'économie de l'énergie est inséparable des effets de celle-ci sur l'environnement. Vouloir une source d'énergie à la fois écologique, compétitive et commercialement viable, c'est peut-être demander l'impossible. Une analyse des coûts et avantages des diverses options utilisables révélera peut-être que l'unique source d'énergie capable de donner le plus au moindre coût est l'énergie nucléaire. Le Groupe intergouvernemental de l'évolution du climat (GIEC), créé par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM), a été constitué en 1988 pour procéder à une évaluation scientifique de l'échauffement de l'atmosphère de la planète et pour étudier des stratégies permettant d'y faire face. Son rapport final, paru en 1990, sert de base aux négociations internationales qui ont été engagées pour rédiger une convention-cadre sur ce phénomène. En ce qui concerne le secteur de l'énergie, les sources douces sans émissions de CO₂ ont la préférence. Il n'est pas fait explicitement mention de l'énergie nucléaire, mais il en est question dans la documentation de base. L'AIEA s'est intéressée aux travaux du GIEC dès la création de celui-ci, en particulier à propos des stratégies de réponse, pour donner des renseignements concrets sur l'énergie d'origine nucléaire et la présenter dans sa vraie perspective par rapport aux autres sources d'énergie.

L'énergie nucléaire est considérée comme une des sources actuellement les mieux adaptées à la production d'électricité en quantité suffisante pour répondre aux besoins et sans émissions de gaz à effet de serre. Elle contribue déjà à la stabilisation des émissions de CO₂. Si l'électricité actuellement fournie par les centrales nucléaires devait être produite par des centrales thermiques au charbon, environ deux milliards de tonnes supplémentaires d'anhydride carbonique seraient rejetés chaque année dans l'atmosphère. Dans une étude qu'elle a préparée à l'intention du GIEC, l'AIEA a supposé deux taux de croissance du secteur

nucléaire pour après l'an 2000, l'un de 40 et l'autre de 60 GWe par an. Son analyse n'était pas une prévision, mais simplement une hypothèse: s'il existait une volonté politique, quelle serait la quantité de CO₂ que l'on s'épargnerait dans l'un et l'autre cas?

L'analyse a révélé que, en 2010, les taux de croissance du secteur nucléaire pris comme hypothèse pourraient réduire de 30 à 38% les émissions de CO₂ par rapport à ce qu'elles seraient avec le charbon (voir le tableau).

Sûreté et déchets radioactifs. L'accident de Three Mile Island et, plus encore, celui de Tchernobyl ont fortement sensibilisé le public et les dirigeants au problème de la sûreté d'exploitation des centrales nucléaires.

L'AIEA s'efforce depuis longtemps de réaliser un consensus international sur les normes et les pratiques à adopter en matière de sûreté. Ces normes ont été mises à jour pour tenir compte de la pensée moderne, de l'expérience acquise et des progrès techniques les plus importants. La réglementation est certes indispensable pour garantir la sûreté nucléaire, mais la sûreté des pratiques d'exploitation l'est tout autant. L'AIEA assiste ses Etats Membres en leur offrant une gamme de services dans ce domaine, en ce qui concerne les centrales nucléaires tant en exploitation qu'en construction.

Quant à la gestion des déchets radioactifs, il conviendrait de renforcer l'action nationale et internationale afin de combler les lacunes de l'information au sujet de la technologie actuelle des systèmes de stockage et de mieux renseigner le public sur ce point. Il faudrait en particulier donner une confirmation expérimentale de la fiabilité des diverses opérations de stockage des déchets et, notamment, des aspects qui avalisent les prédictions scientifiquement fondées relatives au stockage à long terme. Il serait extrêmement utile de mettre en exploitation réelle un prototype de dépôt de déchets.

L'AIEA a récemment mis en œuvre un programme de normes et de guides de sûreté

Réduction possible des émissions de CO₂ grâce au développement du secteur nucléaire (en millions de tonnes de carbone)

	1988	2000	2010
<i>Scénario conservateur*</i>			
Réduction	438	660	870
Proportion**	21%	21%	21%
<i>Premier cas (+ 40 GW/an)***</i>			
Réduction	438	660	1270
Proportion**	21%	21%	30%
<i>Deuxième cas (+ 60 GW/an)***</i>			
Réduction	438	660	1590
Proportion**	21%	21%	38%

* Le secteur nucléaire se développe au même rythme que l'ensemble des sources selon les proportions de 1988.

** Par rapport aux émissions qui résulteraient du remplacement du nucléaire par le charbon.

*** Après l'an 2000.

concernant le stockage à long terme du combustible épuisé ainsi que la gestion et l'élimination des déchets de haute activité.

Décisions et participation du public

L'économie mondiale est fortement tributaire de l'énergie. La demande augmente depuis 1986 à raison de 3% par an, alors qu'elle se situait aux alentours de 1% pendant la période de stagnation qui a suivi la deuxième crise du pétrole en 1979. Selon les prédictions actuelles, et malgré les mesures de conservation de l'énergie, l'augmentation de la demande au cours des 30 prochaines années se situera entre 50 et 75%.

L'électricité est la forme d'énergie que préfère le consommateur, tant dans les pays en développement que dans les pays industriels. Elle est d'un usage commode et d'un bon rendement, et se prête à de multiples appli-

cations. Il est donc logique que la demande d'électricité augmente dans l'avenir.

Au cours des prochaines années, le secteur nucléaire conservera, et peut-être même améliorera, sa position déjà importante parmi les autres sources d'énergie exploitées dans le monde, vu la montée de la demande d'électricité et le souci de préserver l'environnement. Son avenir dépendra dans une très large mesure des efforts que les milieux responsables feront pour apaiser les inquiétudes du public et lui rendre confiance dans l'option nucléaire. Les décisions intéressant le secteur de l'énergie ne sont pas la seule préoccupation des gouvernements, mais le public s'y intéresse de plus en plus et veut avoir son mot à dire dans les grandes orientations de la politique énergétique.

Pour sa part, l'AIEA continuera d'aider activement ses pays Membres à planifier de façon optimale leurs systèmes de production d'énergie et d'électricité, sans négliger les problèmes de sécurité et la protection de l'environnement à l'échelle mondiale.

Le pétrole, le gaz, l'énergie hydraulique et l'énergie nucléaire assureront vraisemblablement l'essentiel de la production d'électricité pendant de longues années encore.
(Photo: Ascent, AECL)

