

Questions en suspens

Une renaissance nucléaire nécessiterait d'importants changements d'orientation au niveau tant des gouvernements que des organismes multinationaux, ainsi qu'un appui financier résolu.

Après plusieurs décennies de croissance décevante, il semblerait que l'énergie nucléaire soit sur le point de faire son retour. Quand on parle de «renaissance nucléaire», on envisage peut-être un doublement ou un triplement de la capacité nucléaire d'ici à 2050, la conquête par l'énergie nucléaire de nouveaux marchés au Moyen-Orient et en Asie du Sud-Est et la mise au point de nouveaux types de réacteurs et de techniques de retraitement du combustible.

Mais en réalité, l'avenir de l'énergie nucléaire est plus complexe. Les projections de croissance sont fondées sur l'hypothèse que l'appui des pouvoirs publics compensera les handicaps du marché nucléaire et que les questions que continuent de soulever par exemple les déchets, la sûreté et la prolifération ne constitueront pas des obstacles sérieux. Cependant, en l'absence de changements importants des politiques publiques et d'un appui financier résolu, la part du nucléaire dans la production mondiale d'électricité risque en fait de diminuer. Par exemple, dans son rapport intitulé «World Energy Outlook 2007», l'Agence internationale de l'énergie prévoit qu'en l'absence de changements d'orientation, la part du nucléaire dans la production mondiale d'électricité passera de 15 % en 2007 à 9 % en 2030.

Étant donné l'ampleur de ces incertitudes, une politique rationnelle en matière d'énergie nucléaire devrait être fondée non pas sur des espérances mais sur des réponses sérieuses aux six questions ci-après.

L'énergie nucléaire peut-elle accroître la sécurité énergétique ?

L'augmentation des cours du pétrole et du gaz naturel a amplifié les préoccupations des pays concernant la sécurité énergétique. Ces dernières années, des désaccords sur les prix se sont traduits par des interruptions temporaires des livraisons de gaz en Europe. Cependant, la plupart des pays ne pourront pas réduire leur dépendance vis-à-vis du pétrole importé en construisant des centrales nucléaires. Parce qu'elle ne fournit actuellement que de l'électricité, l'énergie nucléaire n'est guère en mesure de réduire cette dépendance. Par exemple, le pétrole représente 40% de l'énergie consommée aux États-Unis mais compte seulement



pour 1,6% dans la production d'électricité. Et bien que la France et le Japon fassent largement appel à l'énergie nucléaire, ces pays n'ont pas pu réduire leur dépendance vis-à-vis du pétrole importé en raison du rôle important que celui-ci joue dans les transports et l'industrie.

Le pétrole assure environ 7% de la production mondiale d'électricité, et cette part devrait tomber à 3% d'ici 2030. Le remplacer par l'énergie nucléaire ne pourrait vraiment faire la différence que dans les pays du Moyen-Orient, où il assure environ 30% de la production d'électricité. Tant que les transports ne passeront pas à la propulsion électrique, l'énergie nucléaire ne prendra pas véritablement la place du pétrole.

En l'absence de changements importants des politiques publiques et d'un appui financier résolu, la part du nucléaire dans la production mondiale d'électricité risque en fait de diminuer.

La situation est différente dans le cas du gaz naturel qui, outre ses utilisations dans l'industrie et pour le chauffage, assure environ un cinquième de la production mondiale d'électricité. Le gaz naturel est intéressant pour produire de l'électricité parce que les centrales au gaz offrent un excellent taux de conversion de l'énergie primaire en électricité et que leurs coûts de construction sont faibles par rapport aux centrales au charbon ou aux centrales nucléaires. On pourrait remplacer le gaz naturel par l'énergie nucléaire pour la production d'électricité afin d'améliorer la stabilité de l'approvisionnement en énergie de certains pays.

Cependant, ces pays pourraient en fin de compte échanger une forme de dépendance énergétique contre une autre. Étant donné la structure de l'industrie nucléaire et la répartition des ressources en uranium, la plupart des pays devront importer le combustible, la technologie et les composants des réacteurs, ainsi que des services liés au combustible. Rares sont donc les pays qui peuvent espérer mieux qu'une situation d'interdépendance, même dans le cas de l'énergie nucléaire.

L'énergie nucléaire peut-elle contribuer à limiter le changement climatique ?

L'énergie nucléaire n'est pas une solution à court terme au problème du changement climatique. La nécessité de réduire immédiatement et de façon radicale les émissions de carbone impose de prendre des mesures qui puissent être mises en œuvre en beaucoup moins de temps qu'il n'en faut pour construire des réacteurs nucléaires. Elle impose aussi des interventions concernant toutes les applications énergétiques et pas seulement l'électricité. Améliorer le rendement énergétique des bâtiments résidentiels et commerciaux, de l'industrie et des transports est la première solution proposée dans pratiquement toutes les analyses du problème. L'énergie nucléaire restera une option dans le cadre des efforts visant à maîtriser le changement climatique, mais étant donné le rythme maximum auquel de nouveaux réacteurs peuvent être construits, ceux-ci ne feront dans une large mesure que remplacer les réacteurs anciens qui sont retirés du service.

Pour que l'énergie nucléaire contribue davantage à l'action contre le changement climatique, il faudrait que l'industrie nucléaire augmente les capacités au-delà des taux de remplacement, ce qui, d'après une étude réalisée en 2007 par le Keystone Center, supposerait qu'elle retrouve immédiatement le taux de croissance le plus rapide qu'elle a connu dans le passé, c'est-à-dire au cours de la période 1981-1990, et maintienne ce taux de croissance pendant 50 ans. Il lui faudrait construire chaque année jusqu'en 2050 entre 21 et 25 nouvelles centrales de grande puissance (1 000 MWe).

Or, la construction nucléaire a diminué dans le monde, moins de 10 nouveaux réacteurs ayant été mis en chantier au cours de chacune des 20 dernières années. Aujourd'hui, l'offre mondiale, notamment de

produits forgés ultralourds, de composants manufacturés de grande taille, de services d'ingénierie, de main-d'œuvre qualifiée et de spécialistes du bâtiment, est insuffisante. Toutes ces contraintes ont été aggravées par le manque d'expérience récente en matière de construction de centrales nucléaires et par le vieillissement de la main-d'œuvre.

Les nouvelles centrales nucléaires seront-elles compétitives ?

La question de la compétitivité des centrales nucléaires suscite beaucoup de controverses. Les coûts de construction des centrales sont élevés mais leurs coûts d'exploitation sont relativement faibles parce que leur combustible est avantageux par rapport aux autres filières énergétiques. Par exemple, le prix du gaz naturel représente 85 % du coût variable du kilowattheure, contre seulement 27 % pour le combustible nucléaire. Cela signifie qu'à mesure que les combustibles fossiles deviendront plus coûteux, en raison soit de pénuries, soit des règles auxquelles pourraient être soumises à l'avenir les émissions de dioxyde de carbone, l'énergie nucléaire deviendra relativement plus compétitive.

Le coût de construction des nouvelles centrales nucléaires est un important facteur d'incertitude. En règle générale, la construction représente environ les deux tiers du coût d'un réacteur. Parmi les facteurs qui influent sur ce coût, on peut citer la solvabilité des entreprises participant à la construction, le coût du capital (et en particulier de l'endettement) au cours de la prochaine décennie, le risque de dérapage des dépenses en raison de retards de construction et de dépassement des budgets, un besoin moindre de puissance installée supplémentaire dû à un ralentissement de l'économie et l'avantage concurrentiel des filières de production d'électricité tant classiques que nouvelles.

Les données du passé n'étant malheureusement guère utiles pour déterminer les coûts futurs, les coûts réels des nouvelles centrales nucléaires ne seront peut-être pas connus avant des années. De fait, dans un rapport spécial publié en octobre 2007, la société Moody a déclaré que « les coûts définitifs de la construction de nouvelles centrales nucléaires ne sont pas connus aujourd'hui — les chiffres actuels ne constituent que les meilleures estimations disponibles et sont sujets à révision ».

La crise économique actuelle pourrait rendre le financement des centrales nucléaires particulièrement difficile. Les coûts de financement représentent entre 25 et 80 % du coût total de construction car les centrales nucléaires prennent beaucoup plus de temps à construire que les autres installations de production d'énergie (par exemple, il faut 18 mois pour construire une centrale éolienne, 36 mois pour construire une centrale à gaz à cycle combiné et au moins 60 mois pour construire une centrale nucléaire). Un durcissement à l'échelle mondiale des normes de gestion des risques comme suite à la crise économique actuelle

pourrait spécialement mettre en péril l'industrie nucléaire parce que l'énergie nucléaire nécessite un investissement particulièrement important (entre cinq et 10 milliards de dollars par centrale) par rapport aux ressources financières dont disposent habituellement les compagnies d'électricité.

La sûreté peut-elle être garantie ?

Les préoccupations concernant la sûreté des centrales nucléaires ont joué un rôle important dans la stagnation de l'énergie nucléaire au cours des deux dernières décennies. Les nouveaux modèles de réacteurs sont beaucoup plus simples et des dispositifs de sécurité passive y ont été incorporés. Cependant, une forte expansion de l'énergie nucléaire pourrait susciter de nouvelles préoccupations en matière de sûreté car de nouveaux fournisseurs sud-coréens, chinois et indiens pourraient entrer dans la compétition pour répondre à l'augmentation de la demande.

En outre, les pays qui se lancent dans la production d'énergie nucléaire doivent non seulement mettre en application un ensemble complexe de dispositions réglementaires et législatives, mais aussi promouvoir l'instauration de cultures de sûreté et de sécurité solides. Cela pourrait être un véritable défi pour certains pays en développement.

Enfin, dans les États déjà dotés de centrales nucléaires, le fait de prolonger la durée d'exploitation initialement prévue des réacteurs (30 à 40 ans) jusqu'à 60, voire 80 ans pourrait faire apparaître de nouveaux problèmes de sûreté si les matériaux de construction venaient à vieillir de façon inattendue.

Existe-t-il une solution acceptable au problème des déchets nucléaires ?

Les réacteurs nucléaires produisent obligatoirement des déchets radioactifs sous forme de combustible usé. Certains États opteront pour le stockage provisoire du combustible usé pour une durée indéfinie. Il se peut que d'autres cherchent à le recycler, en utilisant une technique appelée retraitement, qui permet de réduire le volume des déchets à stocker mais produit aussi du plutonium séparé utilisable pour la fabrication d'armes nucléaires. Plus de 50 ans après que le premier réacteur ait commencé à produire de l'électricité, aucun pays n'a encore ouvert d'installation de stockage définitif des déchets nucléaires (stockage en formation géologique).

Qu'ils stockent du combustible usé ou des déchets recyclés, il est essentiel que les États prennent des dispositions adéquates en matière de protection physique et de sécurité pour empêcher des terroristes d'y avoir accès. Même s'ils optent pour des formules de location du combustible prévoyant la réexpédition du combustible usé au fournisseur initial, les nouveaux États nucléaires devront tout de même pourvoir au stockage provisoire du combustible usé dans de bonnes conditions de sûreté et de sécurité en

attendant qu'il refroidisse. Une question qui est déterminante pour l'avenir de l'énergie nucléaire est de savoir combien de pays opteront pour le retraitement du combustible. Certains États comme la République de Corée sont intéressés par le retraitement comme moyen de réduire le volume du combustible usé. Le Japon retire son combustible à la fois pour en réduire le volume et pour utiliser le plutonium comme combustible afin d'accroître sa sécurité énergétique. Bien que, manifestement, il ne soit pas rentable d'utiliser du combustible à mélange d'oxydes (de plutonium et d'uranium) dans les réacteurs, certains pays le feront peut-être quand même. Cela aurait pour effet d'augmenter considérablement les quantités de matières utilisables pour la fabrication d'armes nucléaires dans le monde.

Les risques de prolifération peuvent-ils être maîtrisés de façon satisfaisante ?

L'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a averti que les États dont le programme de production d'énergie nucléaire n'en était encore qu'à ses débuts pouvaient s'attendre à un délai de 15 ans avant que leur première centrale n'entre en service. Ce délai leur sera nécessaire pour se doter des infrastructures physiques et intellectuelles nécessaires pour exploiter leurs centrales dans de bonnes conditions de sûreté et de sécurité.

Un grand nombre des pays intéressés par l'énergie nucléaire prévoient une augmentation appréciable de la demande d'électricité. Il se peut que d'autres décident simplement d'intégrer le club nucléaire soit pour montrer leurs capacités au niveau national, soit parce qu'ils pensent y être encouragés par les États nucléaires avancés, en particulier les États-Unis, la Fédération de Russie et la France.

En 2008, le Conseil consultatif international pour la sécurité du Département d'État des États-Unis a conclu que « l'essor de l'énergie nucléaire dans le monde et en particulier dans les pays en développement accroît inévitablement les risques de prolifération ». De toutes les sources d'énergie, l'énergie nucléaire est la seule qui exige des inspections internationales pour garantir que les matières, les équipements, les installations et les compétences techniques ne soient pas détournés à des fins d'armement. Dans le cas des pays qui n'ont pas encore de programme nucléaire, le fait de se doter de l'infrastructure scientifique et technique qu'exige l'énergie nucléaire aurait en soi pour effet d'accroître leur potentiel de prolifération. Dans de nombreux cas, l'instabilité politique est plus préoccupante que les velléités d'armement.



Sharon Squassoni (ssquassoni@ceip.org) est attachée principale à la Fondation Carnegie pour la paix internationale.

Le présent article est fondé sur des extraits d'une analyse plus longue disponible à l'adresse suivante: www.carnegieendowment.org

7 mesures

Sharon Squassoni, de la Fondation Carnegie pour la paix internationale, pense qu'il est possible de réduire au minimum certains des risques liés à un essor rapide de l'énergie nucléaire en adoptant les mesures suivantes :

❶ Comparer toutes les options énergétiques, y compris les économies d'énergie

Étant donné que des investissements colossaux seront nécessaires pour que le monde ne soit plus tributaire des combustibles fossiles, il faudra examiner de près les coûts et les avantages de toutes les solutions possibles, y compris l'amélioration radicale des rendements énergétiques. La seule démarche rationnelle pour faire face aux changements climatiques est d'investir en priorité dans les solutions énergétiques dont les émissions de carbone sont les plus faibles, qui sont les plus efficaces et qui peuvent être mises en oeuvre immédiatement. Ces trois critères devraient être utilisés pour déterminer si l'énergie nucléaire a sa place parmi les sources d'énergie auxquelles les États peuvent envisager de recourir. Cela pourrait être l'objet d'une collaboration entre l'AIEA et l'Agence internationale de l'énergie. On pourrait aussi créer une nouvelle agence mondiale de l'énergie qui serait notamment chargée de cette tâche.

❷ Enlever à la coopération nucléaire son pouvoir de séduction

L'énergie nucléaire est souvent considérée par les pays comme un symbole de réussite nationale plutôt que comme un simple moyen de produire de l'électricité. Les États ayant le droit inaliénable d'exploiter l'énergie nucléaire à des fins pacifiques, l'attrait que celle-ci exerce sera l'une des questions qu'il faudra traiter pour assurer une plus grande harmonie sur l'échiquier énergétique.

Le pouvoir de séduction de l'énergie nucléaire est notamment accru par l'importance que l'on attache aux accords de coopération nucléaire. D'aucuns diront que ces accords confèrent un prestige que certains États recherchent, même s'ils ne débouchent pas

sur des échanges nucléaires significatifs. Cependant, cette démarche n'est pas viable. Il serait préférable de traiter la coopération nucléaire dans le contexte de la coopération énergétique en général, plutôt que de lui consacrer des initiatives diplomatiques spéciales.

❸ Exiger l'adoption du modèle de protocole additionnel

Le modèle de protocole additionnel de l'AIEA, qui vise à renforcer les inspections internationales auxquelles sont soumises les matières et installations nucléaires, a été approuvé en 1997. Toutefois, l'adoption de ce protocole n'étant pas obligatoire, il n'est pas encore en vigueur dans une centaine d'États. Les mesures qu'il prévoit — notamment l'octroi aux inspecteurs de meilleures conditions d'accès, la fourniture d'un éventail plus large d'informations sur l'ensemble du cycle du combustible nucléaire d'un État, la possibilité d'effectuer des inspections à bref délai de préavis et l'application de nouvelles techniques de surveillance — sont indispensables pour accroître la capacité de l'AIEA de déceler des activités nucléaires non déclarées.

Le modèle de protocole additionnel doit devenir la nouvelle référence pour les marchés nucléaires dans le cadre du Groupe des fournisseurs nucléaires (GFN). Tous les pays devraient subordonner la conclusion d'accords de coopération nucléaire ainsi que la passation de marchés nucléaires à l'adoption d'un protocole additionnel.

❹ Faire preuve de responsabilité lorsqu'il s'agit de fournir des réacteurs nucléaires et des composants

L'industrie nucléaire est consciente de sa propre interdépendance, en particulier en matière de sûreté nucléaire. L'aphorisme « un accident nucléaire, où qu'il se produise, porte préjudice à tout un chacun, où qu'il

se trouve» peut s'appliquer à la sécurité nucléaire et à la prolifération. Or, dans un contexte d'expansion de l'énergie nucléaire, d'énormes pressions commerciales s'exerceront pour que soient fournis des réacteurs nucléaires et des composants de réacteurs à des États qui n'auront peut-être pas encore mis en place toutes les infrastructures nécessaires en matière de réglementation, de sûreté et de sécurité. Pour limiter les risques dans de telles situations, les fournisseurs devront se mettre d'accord sur des règles minimum applicables à la vente des réacteurs nucléaires et de leurs composants et incorporer ces règles dans des clauses contractuelles standard. Cela sera important pour pouvoir atteindre des fournisseurs qui ne sont pas membres du Groupe des fournisseurs nucléaires, en particulier l'Inde et le Pakistan.

⑤ **Rendre la coopération plus transparente et durcir les restrictions applicables aux technologies sensibles**

Si les accords conclus avec les États-Unis sont portés à la connaissance du public étant donné qu'ils doivent être approuvés par le Congrès, il n'en va pas de même dans d'autres pays. La communication mutuelle des textes des accords de coopération pourrait aider à normaliser les exigences en matière de non-prolifération, notamment les restrictions concernant les technologies sensibles.

Le GFN doit durcir les restrictions concernant les technologies sensibles, c'est-à-dire l'enrichissement de l'uranium, le retraitement du combustible usé et la production d'eau lourde.

⑥ **Donner la priorité à des modèles de réacteurs de faible puissance qui ne se prêtent pas à la prolifération**

La mise sur le marché de modèles de réacteurs de faible puissance qui ne se prêtent pas à la prolifération et présentent des caractéristiques de sûreté passive devrait être la nouvelle priorité, notamment pour les bailleurs de fond. Bien que les réacteurs flottants de fabrication russe aient été jugés antiproliférants parce qu'ils peuvent être retirés d'un pays lorsqu'ils arrivent à la fin de leur vie utile, leur vulnérabilité potentielle du point de vue de la sécurité et de la protection contre les attaques terroristes doit être analysée de plus près.

D'autres modèles envisageables — comme le réacteur modulaire à lit de boulets que l'Afrique du Sud est en train de mettre au point — devraient faire l'objet d'une évaluation internationale de conformité aux normes de sûreté et en matière de garanties. En l'occurrence, le Partenariat mondial pour l'énergie nucléaire pourrait jouer un rôle crucial, similaire à celui qu'a joué le forum international «Génération IV» dans le développement technique de la nouvelle génération de réacteurs. Le Partenariat devrait s'efforcer plus directement d'aider

à mettre sur le marché les types de réacteurs qui seraient les plus rentables pour les nouveaux États nucléaires.

⑦ **Éliminer progressivement les capacités nationales d'enrichissement dans le cadre d'un traité sur l'arrêt de la production de matières fissiles**

S'agissant de restreindre l'accès aux technologies nucléaires sensibles comme l'enrichissement et le retraitement, l'une des principales difficultés réside dans le prestige national que confèrent souvent ces activités à fort retentissement. Un moyen de faire en sorte que les technologies nucléaires sensibles ne soient plus un facteur de fierté nationale serait de les «dénationaliser». La propriété et peut-être même l'exploitation des centrales existantes devraient alors passer sous contrôle multinational. Une telle démarche se heurterait à de fortes résistances, mais elle pourrait s'inscrire dans le contexte d'un traité sur l'arrêt de la production de matières fissiles.

Un tel traité pourrait non seulement interdire la production de matières fissiles à des fins

Or, dans un contexte d'expansion de l'énergie nucléaire, d'énormes pressions commerciales s'exerceront pour que soient fournis des réacteurs nucléaires et des composants de réacteurs à des États qui n'auront peut-être pas encore mis en place toutes les infrastructures nécessaires en matière de réglementation, de sûreté et de sécurité.

d'armement mais aussi exiger que toutes les usines d'enrichissement — actuelles et futures — soient multinationales. Outre qu'elles élimineraient les considérations de prestige national, les installations d'enrichissement multinationales augmenteraient la probabilité de détection des activités d'enrichissement clandestines et réduiraient donc considérablement le risque qu'un pays ne respecte pas les restrictions du traité. Certains pays, dont les États-Unis, pourraient être obligés de modifier les dispositions législatives ou réglementaires concernant les participations étrangères dans des technologies ou des installations sensibles. 