

# Développement de l'énergie nucléaire: défis et stratégies à travers le monde

*Dans sa configuration actuelle, l'approvisionnement mondial en énergie n'est pas durable et la demande future devra être satisfaite par une combinaison de plusieurs combustibles pour des raisons écologiques et autres*

par Victor M.  
Mourogov

Cinq ans après le Sommet de la Terre, à Rio, l'Assemblée générale des Nations Unies a tenu une session extraordinaire en juin 1997 pour examiner le progrès accompli dans le sens d'un développement durable. Un développement durable soulève la question de la protection de l'environnement et donc, inévitablement, de l'approvisionnement en énergie et de son utilisation.

A cause à la fois de l'industrialisation, du développement économique et du doublement prévu de la population mondiale au XXI<sup>e</sup> siècle, la consommation mondiale d'énergie continuera sûrement d'augmenter. La croissance dépendra principalement de la demande des pays en développement qui comptent actuellement 75 % de la population mondiale, mais qui consomment seulement 31 % de toute l'énergie produite dans le monde. En économisant et en utilisant l'énergie plus efficacement, on limitera la demande, mais on ne l'éliminera pas. Le Conseil mondial de l'énergie (CME) prévoit que le taux d'accroissement de la demande d'énergie sur les prochaines années se situera quelque part entre 50 % et 300 %; cela dépendra des facteurs écologiques et économiques.

## Le problème mondial de l'énergie

Vu les projections de la demande, la configuration actuelle de l'approvisionnement du monde en énergie n'est pas durable. Il y a un fort consensus au plan international pour penser qu'il est nécessaire de réduire l'importante dépendance des combustibles fossiles, qui représentent aujourd'hui presque 90 % de l'approvisionnement total d'énergie. Leur utilisation pollue l'atmosphère par des émissions de gaz à effet de serre et d'autres substances toxiques.

Bien que l'énergie nucléaire ne soit pas exempte de problèmes, on reconnaît ses avantages évidents du point de vue du développement durable. Tout au long

de sa chaîne énergétique depuis la production du combustible jusqu'à la gestion des déchets, elle n'émet que des quantités limitées de gaz à effet de serre et d'autres polluants. Elle fournit actuellement environ 6 % de l'énergie mondiale et 17 % de l'approvisionnement mondial en électricité. Près de 480 centrales nucléaires sont en exploitation ou en construction dans 32 pays.

En dépit des faits, il n'existe aucun consensus international sur le rôle futur du nucléaire. Les politiques de quelques pays sont absolument opposées à l'énergie nucléaire, tandis que quelques autres sont résolument favorables; mais la plupart demeurent passifs dans le meilleur des cas. L'énergie nucléaire stagne actuellement en Europe et en Amérique du Nord, mais continue de se développer en Asie. Les pays d'Europe orientale et de l'ex-Union soviétique, qui dépendent beaucoup de l'énergie nucléaire, éprouvent de sérieuses difficultés depuis l'effondrement de l'infrastructure nécessaire pour maintenir l'exploitation des centrales nucléaires.

L'avenir verra l'utilisation d'un mélange de sources d'énergie, dont la composition ne peut être précisée pour le moment et dépendra non seulement de considérations écologiques, mais aussi de facteurs comme la technologie, les politiques et le marché. On prévoit que les combustibles fossiles continueront de jouer un rôle prépondérant pour produire de l'énergie pendant de nombreuses années encore. Si l'encouragement est suffisant, la part des nouvelles sources d'énergie renouvelable devrait cependant augmenter. Le CME s'attend que les énergies renouvelables atteignent entre 5 et 8 % de l'énergie mondiale d'ici à 25 ans. La part de l'énergie hydroélectrique, quant à elle, devrait vraisemblablement rester aux environs des 6 % actuels.

## Le potentiel de l'énergie nucléaire

La gageure, pour la communauté nucléaire, est de faire en sorte que l'énergie nucléaire demeure

M. Mourogov est directeur général adjoint, chef du Département de l'énergie nucléaire à l'AIEA.

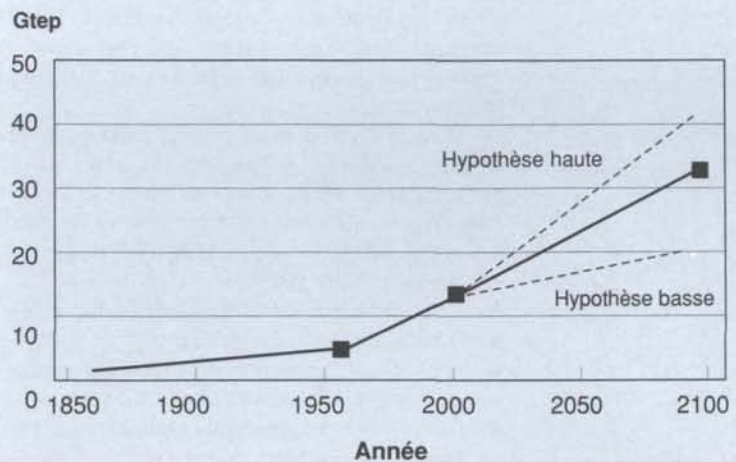
une option valable pour la satisfaction des besoins en énergie au cours du siècle prochain. Elle pourrait représenter une source importante d'électricité autant pour la charge de base que pour le transport urbain des mégapoles. Elle peut jouer un rôle dans les applications non électriques, le chauffage urbain, les industries de transformation, le transport maritime, le dessalement de l'eau, la production d'hydrogène et les applications dans des zones reculées. Elle peut grandement contribuer à la sécurité de l'approvisionnement en énergie et elle recèle le potentiel nécessaire pour être une ressource énergétique presque inépuisable à long terme grâce à l'utilisation des surgénérateurs.

Toutefois, il ne fait aucun doute que la réticence actuelle de l'opinion publique pourrait limiter la construction de nouvelles centrales. Il sera donc nécessaire de débattre ouvertement des craintes qui ont nui à l'acceptation de l'énergie nucléaire. Il reste que les incidences écologiques et sanitaires ainsi que les accidents graves et l'évacuation des déchets ne doivent pas être considérés isolément comme c'est trop souvent le cas. Comme aucune source d'énergie n'est exempte de risque, il faut comparer en détail les incidences des divers systèmes énergétiques. L'étude des diverses chaînes énergétiques (nucléaire, fossile et renouvelable) montre que toutes les options envisagées soulèvent des problèmes et ont des impacts importants.

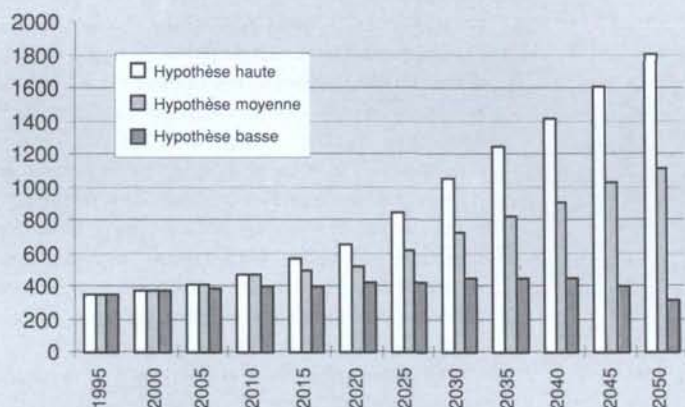
Des évaluations comparatives fiables illustrent bien le potentiel de l'énergie nucléaire lorsqu'il s'agit d'atténuer les dommages à la santé et à l'environnement dus à l'énergie; en fait, il est possible de montrer qu'elle peut être l'un des moyens les plus écologiquement acceptables pour produire de l'électricité. Si des facteurs extérieurs, comme les coûts sociaux des changements climatiques, les dégâts causés à l'environnement et les effets sur la santé, entraînent en ligne de compte dans toutes les analyses, le nucléaire aurait un avantage net sur les autres combustibles fossiles, sans compter que la compétitivité économique de l'énergie nucléaire, dans un environnement financier en transformation rapide, grimperait en flèche.

Le présent article met en évidence les facteurs clés qui déterminent les stratégies énergétiques optimales d'aujourd'hui et qui vont déterminer celles de demain. Il traite des méthodes à utiliser pour exploiter l'énorme énergie potentielle que contient l'uranium. Il aborde aussi l'utilisation du plutonium comme combustible des réacteurs nucléaires, et les possibilités d'avenir du cycle du combustible au thorium. Diverses stratégies pour augmenter la viabilité économique de l'énergie nucléaire sont exposées. Les moyens technologiques pour réduire encore les impacts écologiques et pour améliorer la sûreté sont aussi évoqués dans la mesure où ils comptent pour beaucoup dans l'adhésion de l'opinion publique. L'article traite enfin des progrès que la technologie des réacteurs et des cycles du combustible nucléaire devrait connaître d'ici le milieu du XXI<sup>e</sup> siècle.

Utilisation de l'énergie dans le monde  
en gigatonnes d'équivalent pétrole (Gtep)



Puissance nucléaire installée dans le monde  
(en gigawatts électriques)



### Stratégies relatives au cycle du combustible et aux réacteurs: coup d'œil sur les facteurs clés

Pour que l'énergie nucléaire fournisse un apport marquant d'ici à 2050, il faudrait que la puissance installée connaisse une forte augmentation, allant jusqu'à 20 nouvelles tranches par année en moyenne. Il y a des questions relatives au cycle du combustible et au type de réacteur souhaité dont il faut s'occuper dès maintenant afin de créer les meilleures conditions possibles en prévision d'un rôle accru du nucléaire.

L'AIEA a récemment organisé à Vienne, du 2 au 6 juin 1997, un colloque intitulé « Stratégies relatives au cycle du combustible nucléaire et aux réacteurs — Adaptation aux nouvelles réalités », au cours duquel

un large éventail de thèmes a été abordé, depuis le problème du ralentissement de la croissance de l'énergie nucléaire jusqu'à celui des quantités importantes de plutonium que l'on prévoit de récupérer par suite du démantèlement des ogives nucléaires. Un des principaux mémoires portait spécifiquement sur les stratégies futures relatives au cycle du combustible et aux réacteurs.

Dans le cadre d'un marché énergétique de plus en plus compétitif et international, un certain nombre de facteurs clés influenceront non seulement les choix énergétiques, mais aussi le degré et le mode d'utilisation des différentes sources d'énergie. Ces facteurs comprennent, entre autres:

- l'utilisation optimale des ressources disponibles;
- la réduction des coûts globaux;
- la réduction au minimum des impacts écologiques;
- la démonstration convaincante de la sûreté;
- la réponse à des impératifs politiques aux plans national et mondial.

S'agissant de l'énergie nucléaire, ces cinq facteurs détermineront les stratégies futures en matière de cycles de combustibles et de réacteurs. Comme l'objectif est d'optimiser ces facteurs, ils seront examinés l'un après l'autre sous les rubriques suivantes: maximisation de l'utilisation des ressources; maximisation des avantages économiques; maximisation des avantages écologiques; maximisation de la sûreté des réacteurs et réponse à des impératifs politiques essentiels.

Bien que l'adhésion du public n'ait pas été considérée comme facteur clé, elle demeure tout à fait indispensable dans le cas de l'énergie nucléaire. Il sera nécessaire de faire comprendre au public et aux décideurs les avantages réels de l'énergie nucléaire d'une manière franche et crédible. La réticence croissante du public, surtout dans les pays développés, face aux nouvelles installations industrielles de grande taille se répercute sur les politiques du secteur énergétique tout entier et gêne la mise en œuvre de tous les projets de centrales.

**Maximisation de l'utilisation des ressources.** Les ressources connues et probables d'uranium devraient garantir un approvisionnement suffisant à court et à moyen terme même dans le cas des réacteurs fonctionnant essentiellement en cycle ouvert, sans retraitement du combustible usé. Toutefois, à mesure que la demande d'uranium augmente et que les réserves diminuent pour répondre à la hausse des capacités nucléaires, des pressions économiques se feront sentir en vue d'optimiser l'utilisation de l'uranium de manière à exploiter la totalité du contenu énergétique du minerai. Divers moyens sont disponibles pour atteindre ce but au cours du procédé d'enrichissement et au stade de l'exploitation. A long terme, le recyclage dans des réacteurs thermiques des matières fissiles produites et l'introduction de réacteurs surgénérateurs rapides s'avéreront nécessaires. Le thorium pourrait aussi devenir une ressource énergétique valable à long terme.

**Cycle du combustible à l'uranium.** La séparation isotopique permet de réduire la teneur en uranium 235 des résidus des installations d'enrichissement. Il en

résulte une plus forte extraction de la fraction originelle de 0,7 % de cet isotope fissile présente dans le minerai d'uranium naturel, qui contient surtout de l'uranium 238 non fissile. Dans les réacteurs, des cycles à plus fort taux de combustion du combustible utiliseront une plus grande partie de l'uranium 235 contenu dans les éléments combustibles à uranium enrichi — en réduisant en même temps la quantité de combustible irradié par rapport à l'énergie produite.

Néanmoins, en retraitant le combustible irradié au lieu de l'évacuer, il serait possible de recycler le plutonium sous la forme d'oxyde mixte dans des réacteurs thermiques aussi bien que dans des réacteurs surgénérateurs rapides, et aussi de récupérer l'uranium et ses isotopes fissiles contenus dans le combustible irradié. Le retraitement accroîtrait grandement le potentiel énergétique des ressources d'uranium actuelles — en théorie d'un facteur d'environ 70 — et réduirait sensiblement la quantité d'éléments radioactifs à vie longue dont la présence est gênante dans les déchets. Le recyclage représente donc de loin la meilleure utilisation qui soit des ressources d'uranium disponibles. La politique actuelle consistant à stocker le combustible irradié en attendant de l'évacuer définitivement maintient la possibilité de le retraiter plus tard afin d'en extraire les matières fissiles, surtout le plutonium.

**Cycle du combustible au thorium.** Bien que l'uranium doive rester vraisemblablement la principale ressource naturelle pour les réacteurs nucléaires de puissance, il se peut que l'utilisation du thorium fertile soit envisageable à long terme comme combustible. Tandis que l'uranium contient un isotope fissile, le thorium n'en a pas. Il doit donc être enrichi à l'aide d'uranium 235 fissile ou de plutonium. L'uranium 233 qui résulte ensuite de la conversion du thorium dans le réacteur est fissile. Le cycle du combustible au thorium, qui fonctionne à des températures de combustible moins élevées, présente des avantages du point de vue du comportement physique des éléments combustibles et des caractéristiques de la physique du cœur.

L'existence de dépôts de thorium dans un certain nombre de pays dont les gisements uranifères sont limités pourrait rendre cette option intéressante. Des cycles du combustible à base de thorium ont déjà été mis au point dans plusieurs pays, comme les Etats-Unis, l'Allemagne, l'Inde, le Royaume-Uni, le Japon et le Canada. Dans les trois premiers pays, l'utilisation du thorium a même fait ses preuves de façon concluante dans les réacteurs nucléaires. Le cycle du combustible au thorium peut être utilisé dans toutes les filières de réacteurs existant actuellement — réacteurs à eau ordinaire ou à eau lourde, réacteurs à haute température refroidis par gaz et réacteurs rapides — sans nécessiter d'importantes modifications de la conception ou des principes de sûreté des réacteurs.

Il reste cependant que les connaissances actuelles sur la quantité des ressources de thorium dans le monde sont peu développées, bien que d'importants dépôts contenant un minerai très riche aient été découverts. Extraire le thorium des minerais est une opération passablement difficile dont la rentabilité reste à établir.

La séparation de l'uranium 233 du combustible irradié présente aussi des difficultés. En revanche, les déchets produits sont plus faciles à gérer que ceux résultant de l'actuel cycle du combustible à base d'uranium sans retraitement.

**Maximisation des avantages économiques.**

Comme les coûts du combustible sont relativement peu élevés, réduire le coût global en diminuant les dépenses de développement, de choix des sites, de construction, d'exploitation et d'investissement initial est indispensable pour assurer la viabilité économique générale du nucléaire. Si l'on pouvait éliminer les incertitudes et la variabilité des conditions d'autorisation, en particulier avant la mise en service, il serait plus facile de prévoir des stratégies d'investissement et de financement.

**Coûts de développement.** Les coûts de développement étant élevés, on doit vraisemblablement prévoir une amélioration évolutive, relativement économique, des filières actuelles plutôt que l'introduction plus onéreuse de nouvelles filières et de technologies révolutionnaires. Les fonds gouvernementaux de développement ont beaucoup diminué au fil des années et, comme dans le cas de toutes les technologies qui sont arrivées à leur point de maturité, le financement passera entièrement au secteur privé.

**Dépenses d'investissement.** La nécessité d'avoir des dépenses d'investissement initial moins élevées encouragera les économies dans le choix du site et la construction. L'implantation de centrales à plusieurs tranches sur des sites existants permettra aussi d'optimiser les dépenses d'infrastructure. On s'intéressera davantage à des centrales dotées de systèmes et de composants standard comme c'est déjà le cas en France. La taille des centrales et la puissance des tranches seront adaptées aux besoins régionaux, et le choix des fournisseurs se fondera sur l'économie du projet à long terme plutôt que sur les avantages à court terme.

**Exploitation.** Dans le domaine de l'exploitation, la réduction des coûts exigera des facteurs de disponibilité et de charge élevés qui supposent à leur tour une haute qualité des systèmes, un allongement du séjour du combustible dans le cœur, de brèves périodes d'arrêt et la capacité de redémarrer rapidement le réacteur. Il se constituera des organismes séparés pour la fourniture de services à la centrale et de services du cycle du combustible, particulièrement sur une base régionale.

**Autorisation.** Une partie des lourdes dépenses d'investissement pour les nouvelles installations et l'importance des délais de construction sont liées aux incertitudes et aux exigences des procédures d'autorisation. Toute incertitude sur les contraintes et les coûts de la gestion des déchets et du déclassement décourage les investissements. Ces facteurs pourraient conduire à une rationalisation du processus d'autorisation qui donnerait un caractère plus prévisible à la réglementation et diminuerait le temps qui s'écoule entre la sélection du site et le début de l'exploitation. Les conditions imposées pour les déchets et pour le déclassement pourraient être déterminées à partir d'évaluations comparatives d'autres pratiques industrielles, ce qui

permettrait d'avoir une approche plus pratique du problème des matières radioactives sans compromettre la sûreté.

**Financement.** Des stratégies d'investissement novatrices seront nécessaires pour répondre à des objectifs d'investissement qui changent. Les importantes ressources en capital que nécessitent au départ les projets nucléaires pourraient être trouvées plus facilement dans le cadre de mécanismes de financement multinational. On pourrait utiliser dans les pays en développement des mécanismes du type «construire, exploiter et transférer» offrant un retour suffisant sur le capital extérieur engagé avant le transfert de propriété. Des stratégies d'investissement par tranches successives pour la construction de systèmes modulaires diminueraient aussi les dépenses d'investissement initial.

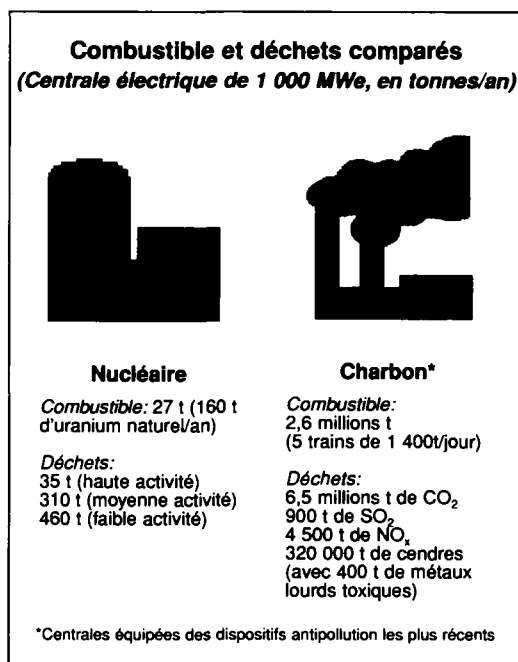
**Maximisation des avantages écologiques.** Bien que l'énergie nucléaire ait des avantages certains par rapport aux actuels systèmes à base de combustibles fossiles — sur le plan des quantités de combustible consommées, des polluants rejetés et des déchets produits — le fait de pouvoir atténuer encore les craintes pour l'environnement aurait une incidence majeure sur l'attitude du public.

Comme l'impact total du cycle du combustible nucléaire sur la santé et l'environnement est faible, l'attention portera sur l'amélioration des techniques concernant les déchets radioactifs. Une telle approche viendrait appuyer les objectifs du développement durable mondial et accroîtrait en même temps la compétitivité de l'énergie nucléaire par rapport aux autres sources d'énergie qui auront aussi l'obligation de traiter correctement leurs déchets. Les filières de réacteurs et les cycles du combustible peuvent être modifiés pour réduire les déchets au minimum. On appliquera à la fois des normes de conception qui diminuent la quantité de déchets et des techniques de réduction de volume telles que le supercompactage.

Des techniques avancées permettant de confiner et d'immobiliser les déchets de haute activité sont en cours d'élaboration. D'autre part, ce qui revêt la plus grande importance, c'est que des programmes sont déjà sur pied pour démontrer le bien-fondé de l'évacuation des déchets de haute activité dans les formations géologiques profondes. La construction et l'exploitation d'un dépôt géologique au cours de la prochaine décennie pourraient apaiser les inquiétudes du public tant sur la sûreté que sur les coûts de l'évacuation. Si on le jugeait nécessaire, les isotopes à période longue (actinides) qui restent radioactifs pour plusieurs milliers d'années pourraient être transmutés dans des réacteurs. La technologie voulue existe déjà pour ces réacteurs et les usines de séparation chimique connexes. Comme il a déjà été mentionné, le cycle du combustible au thorium engendre moins d'isotopes à période longue et exige des prescriptions d'évacuation moins rigoureuses.

**Maximisation de la sûreté des réacteurs.**

La sûreté du parc nucléaire mondial qui comporte actuellement plus de 430 réacteurs en exploitation depuis 20 ans en moyenne est généralement excellente.



Par contre, l'accident de Tchernobyl, en 1986, a bien montré qu'un accident nucléaire très grave pouvait provoquer une contamination radioactive à l'échelle nationale et régionale. Bien que les incidences sur la sûreté et l'environnement soient en train de devenir une question clé pour toutes les sources d'énergie, plusieurs personnes du public perçoivent l'énergie nucléaire comme particulièrement et intrinsèquement dangereuse. Les préoccupations relatives à la sûreté et les exigences réglementaires qui en résultent continueront, à brève échéance, à influencer fortement sur le développement de l'énergie nucléaire. Afin de réduire l'importance des accidents réels et tels que perçus, un certain nombre de démarches seront suivies dans les nouvelles installations.

Des barrières extrêmement efficaces (comme des enceintes doubles) amèneront la probabilité de conséquences importantes et hors site d'accidents radiologiques à un niveau assez bas pour rendre superflus des plans d'intervention d'urgence. En améliorant l'intégrité de la cuve du réacteur et des systèmes du réacteur, on pourra aussi réduire la probabilité d'accidents avec des conséquences hors site.

La collaboration internationale fournira des modèles de réacteurs et de systèmes qui incorporent des normes mondialement acceptées de sûreté et d'ingénierie. Elle contribuera à assurer la sûreté à travers le monde et encouragera les pays importateurs à reconnaître l'autorisation accordée pour tel réacteur dans le pays d'origine comme base acceptable de leur propre approbation. Les centrales et les procédés sont plus sûrs intrinsèquement quand ils comportent des caractéristiques de sûreté passives plutôt que des systèmes actifs de protection. Les réacteurs à haute température refroidis par gaz qui consomment du combustible céramique en graphite peuvent limiter le risque de rejet de matières

radioactives et pourraient apparaître finalement comme une option viable.

Le développement continu d'une solide culture mondiale de sûreté qui résulterait des efforts de collaboration internationale pour renforcer la sûreté à travers le monde contribuerait à convaincre le public du ferme engagement de la communauté internationale sur les objectifs de sûreté. Une vaste gamme d'accords internationaux, de normes facultatives de sûreté et de services internationaux d'examen et de consultation existe déjà dans ce qui est maintenant considéré comme un régime international de sûreté nucléaire. Les accords les plus notables sont la Convention sur la sûreté nucléaire, qui est entrée en vigueur en octobre 1996 et dont les parties contractantes se sont récemment accordées sur des modalités d'examen pour la mise en œuvre de la Convention, et la Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs, qui devrait être adoptée à une conférence diplomatique, cette année.

De toute évidence, la meilleure preuve de la sûreté du nucléaire résidera dans l'excellent bilan de sûreté des centrales existantes et dans l'absence de tout incident majeur à l'avenir.

**Répondre à des impératifs politiques essentiels.** L'indépendance énergétique, le souci de non-prolifération et les excédents de plutonium militaire figurent en tête de la liste des questions politiques qui pèsent lourd aux niveaux national et international lorsqu'il s'agit de l'option nucléaire.

Dans un contexte politique, autant l'indépendance énergétique garantie par la sécurité des approvisionnements que la diversification équilibrée des sources d'énergie sont d'une importance primordiale pour les intérêts nationaux. Avec l'énergie nucléaire, il y a moins d'inquiétudes concernant la sécurité des approvisionnements dans la mesure où des stocks stratégiques suffisants peuvent être établis assez facilement et économiquement. Dans les ressources énergétiques mondiales, la composante fossile représente actuellement presque 90 %. Là où l'on manque de ressources fossiles locales, il est clair que le nucléaire peut fournir une part importante de l'énergie totale, comme c'est le cas en France, en République de Corée et au Japon.

On s'inquiète à juste titre que les matières et les technologies nucléaires puissent être détournées pour fabriquer des armes nucléaires. La communauté internationale a reconnu les risques de prolifération et des mesures existent pour contrer le détournement des matières fissiles. Ces mesures comprennent notamment le Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires et les accords de garanties avec l'AIEA, ainsi qu'un certain nombre d'autres accords multilatéraux. Dans le but de réduire davantage les risques de prolifération, les concepteurs s'efforcent de mettre au point des réacteurs qui soient à l'épreuve des détournements et des cycles de combustible qui produisent des matières fissiles ne pouvant pas servir dans les ogives nucléaires.

En ce qui concerne les stocks actuels de plutonium militaire, il a déjà été proposé de les faire entrer



dans la composition des combustibles à oxydes mixtes que consomme la génération actuelle de réacteurs à eau. Avec une stratégie basée sur le réacteur surgénérateur rapide, on pourrait réduire les quantités de plutonium actuellement présentes dans le combustible irradié, et on pourrait à plus long terme empêcher son accumulation.

### **Orientation des programmes de développement de l'énergie nucléaire de l'AIEA**

Compte tenu de la situation actuelle de l'énergie nucléaire dans le monde, une initiative plus vigoureuse sur le plan international est nécessaire pour concrétiser les avantages potentiels de la technologie. L'Agence continue de catalyser les efforts de coordination que les Etats Membres et diverses organisations internationales ou spécialisées ont entrepris à propos d'une vaste gamme de questions liées à l'énergie. Les divers programmes et activités de l'AIEA seront décrits ci-après sous les rubriques suivantes: énergie nucléaire, cycle du combustible nucléaire, technologie de gestion des déchets et évaluation comparative des sources d'énergie.

L'importance des tâches qui restent à accomplir est soulignée par un engagement mondial renforcé tendant à garantir la sûreté des activités nucléaires au moyen d'accords juridiques, de normes de sûreté et de services connexes d'experts. (Voir encadré.) La déclaration du Sommet de Moscou, en avril 1996, réaffirme que la sûreté figure en tête des priorités dans les activités nucléaires. En outre, on peut s'attendre que les normes de sûreté continueront de s'élever, ce qui nécessitera des efforts et des soins continus de la part de l'AIEA et de ses Etats Membres pour maintenir les niveaux de sûreté appropriés.

**Energie nucléaire.** Les efforts de l'AIEA en matière d'énergie nucléaire se concentreront sur la contribution de l'énergie nucléaire au développement durable, et plus particulièrement sur:

- les mesures en matière de conception et d'exploitation nécessaires pour garantir le développement sûr de l'énergie nucléaire;
- l'assistance aux Etats Membres en développement pour les aider à planifier et à mettre en œuvre des programmes nucléaires et à améliorer la gestion des projets et celle des centrales en exploitation;
- les actions à mener pour améliorer l'efficacité et la fiabilité de l'exploitation des centrales nucléaires grâce à l'échange mondial d'expérience d'exploitation et d'informations dans tous les domaines, y compris la formation et la qualification du personnel.

L'un des mécanismes utilisés par l'AIEA pour se tenir au courant des développements technologiques dans un domaine donné est de créer un groupe de travail international (GTI) dans ce domaine. (Voir encadré.) Chaque groupe est composé des meilleurs spécialistes des différents Etats Membres. Le GTI se réunit périodiquement pour examiner l'état actuel

### **Cadre mondial de sûreté nucléaire**

Des conventions et accords internationaux ayant force obligatoire ont été adoptés et couvrent de nombreux sujets, notamment:

- *la responsabilité civile en matière de dommages nucléaires*
- *la protection physique des matières nucléaires*
- *la notification rapide d'un accident nucléaire*
- *l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique*
- *la sûreté nucléaire*
- *la sûreté de la gestion du combustible usé et la sûreté de la gestion des déchets radioactifs*

Il existe par ailleurs des normes communes de sûreté nucléaire et de sûreté radiologique à caractère non contraignant qui comprennent:

- *les Normes fondamentales de radioprotection*
- *les Fondements de la sûreté*
- *le Programme de normes de sûreté nucléaire*
- *le Règlement de transport des matières radioactives*
- *les Normes de sûreté pour les déchets radioactifs*
- *les Guides et Pratiques de sûreté*

### **Groupes de travail internationaux dans les domaines relatifs à l'énergie nucléaire**

- *Techniques de pointe pour les réacteurs à eau ordinaire*
- *Techniques de pointe pour les réacteurs modérés par eau lourde*
- *Réacteurs à neutrons rapides*
- *Réacteurs refroidis par gaz*
- *Durée de vie des centrales nucléaires*
- *Contrôle-commande des centrales nucléaires*
- *Formation et qualification du personnel des centrales nucléaires*
- *Performance et technologie du combustible des réacteurs à eau*

et les orientations futures des activités dans le domaine visé et conseille l'Agence sur le programme d'activités nécessaires pour répondre aux besoins des Etats Membres.

Par l'intermédiaire de GTI sur les technologies de réacteurs avancés, l'Agence encouragera l'échange international d'information sur les technologies non commerciales et sur la recherche correspondante. Une autre fonction importante sera d'aider les pays à conserver les données technologiques clés sur les filières avancées. L'Agence continuera aussi à servir de forum pour l'examen des informations sur le développement de filières nucléaires inédites, comme:

- les réacteurs avancés avec des caractéristiques de sûreté passives;
- les réacteurs à combustible au thorium;
- les réacteurs rapides refroidis par le plomb ou par le plomb et le bismuth;
- des concepts basés sur un accélérateur et des concepts hybrides fusion/fission.

Une nouvelle sphère d'activités a trait au besoin actuel d'examiner la possibilité d'utiliser à des fins civiles les technologies nucléaires militaires qui ont

été mises au point pour des applications navales ou spatiales. Un autre domaine concerne le dessalement. A ce propos, le Colloque international sur le dessalement de l'eau de mer grâce à l'énergie nucléaire représente un événement important; il a eu lieu en mai 1997, en République de Corée, et a permis aux participants d'examiner l'expérience accumulée. Les résultats du colloque serviront à préciser les activités de l'AIEA dans ce domaine.

**Cycle du combustible nucléaire.** Parmi les thèmes clés abordés au cours du récent colloque de l'AIEA sur le cycle du combustible nucléaire figure l'évaluation comparative des différentes options concernant le cycle du combustible, la gestion du combustible irradié et du plutonium, et l'évacuation des déchets radioactifs. Les quantités de combustible irradié qui sont stockées temporairement sur le site des réacteurs de puissance et des réacteurs de recherche augmentent, et le stockage à long terme du combustible irradié dans les installations qui vieillissent posera un problème de plus en plus aigu, quelle que soit la méthode de gestion choisie. La détermination et l'atténuation des points faibles en matière d'environnement, de santé et de sûreté que le combustible irradié présente avec le temps seront au centre des préoccupations, et les activités seront développées en ce qui concerne l'échange d'informations, d'expérience et de conseils relatifs aux solutions techniques dans ce domaine.

Quant à la gestion du plutonium contenu dans le combustible irradié et les ogives nucléaires démantelées, on pense de plus en plus à l'instauration de nouvelles mesures internationales pour faire face aux problèmes liés à la production, au transport, au stockage et à l'évacuation de ce plutonium.

**Technologie de gestion des déchets.** Les activités relatives à la gestion des déchets radioactifs seront principalement les suivantes:

- collecter, évaluer et échanger des informations sur les stratégies et les technologies de gestion des déchets;
- fournir des conseils techniques généraux, contribuer au transfert de technologie et encourager la collaboration internationale;
- examiner les perspectives à long terme concernant des installations régionales de gestion de déchets dans le but d'offrir aux pays en développement de nouvelles formules pour résoudre leurs problèmes de gestion des déchets de manière économique.

**Evaluation comparative de différentes sources d'énergie.** Le programme de l'AIEA sur l'évaluation comparative des sources d'énergie s'attachera à:

- faire l'évaluation comparative des aspects économiques, sanitaires et écologiques des systèmes énergétiques et introduire les résultats dans le processus de formulation des politiques énergétiques et de planification de l'expansion des systèmes électriques;
- renforcer la capacité des Etats Membres d'incorporer les considérations sanitaires et écologiques

dans le processus de prise des décisions dans le secteur de l'énergie;

- fournir une base pour déterminer les stratégies optimales en vue de développer le secteur de l'énergie, tout en se conformant aux objectifs du développement durable.

Un élément clé est la mise au point et la dissémination de bases de données et de méthodes pour faire l'évaluation comparative des sources d'énergie en fonction de leurs incidences économiques, sanitaires et écologiques. La demande et l'approvisionnement en énergie en dehors du secteur de l'électricité retiendront aussi l'attention.

---

## Le nucléaire et l'environnement

Les chiffres de la consommation d'énergie dans le monde montrent qu'il est impossible de maintenir l'actuelle dépendance des combustibles fossiles. L'énergie nucléaire peut jouer un rôle en atténuant les incidences néfastes de l'énergie sur l'environnement. Si le rôle du nucléaire augmente, les modèles de réacteurs les plus répandus seront, dans la période allant jusqu'à 2050, des réacteurs à eau ordinaire et à eau lourde avec une rentabilité et une sûreté améliorées. Les réacteurs à haute température refroidis par gaz pourraient avoir un rôle, surtout dans des applications spécialisées. Les réacteurs consommant du combustible au thorium joueraient un rôle secondaire dans la mesure où il est peu vraisemblable que l'infrastructure nécessaire soit développée. Les efforts se poursuivront pour préserver l'option des réacteurs surgénérateurs rapides, qui pourraient commencer graduellement à fonctionner avant 2050.

Pour rendre l'énergie nucléaire plus compétitive sur le plan économique, il faudra développer de nouvelles méthodes de financement. De plus, des mesures pour obtenir l'adhésion du public seront nécessaires. La sélection et l'utilisation de dépôts géologiquement acceptables démontreront la pertinence des politiques de gestion des déchets et d'évacuation des déchets de haute activité. Pour maintenir et renforcer la sûreté et la performance du nucléaire, il faudra aussi continuer à faire preuve de vigilance pour améliorer la sûreté au stade de la conception, pour instaurer une culture efficace de sûreté d'exploitation, et pour appliquer des accords internationaux de sûreté.

L'AIEA devra jouer un rôle de plus en plus important pour coordonner les efforts des Etats Membres et des autres organisations internationales en vue de faire accepter la contribution potentielle de l'énergie nucléaire au développement durable dans le monde. Un élément important des programmes sera d'améliorer la coopération régionale et internationale, et de partager les installations d'infrastructure, les coûts de développement et l'expérience d'exploitation pour soutenir le développement de la technologie nucléaire de manière sûre, fiable et économique.