

L'EVOLUTION DES PERSPECTIVES MONDIALES

LES TENDANCES DU CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE AU-DELA DE L'AN 2000

PAR NOBORU OI ET LOTHAR WEDEKIND

Etant donné que de plus en plus de pays connaissent actuellement une augmentation de la demande d'énergie et une intensification des problèmes environnementaux, le rôle que l'énergie nucléaire peut jouer en tant que source d'électricité sûre et propre suscite un intérêt croissant. En même temps, l'évolution de la situation influe sur les prévisions de l'industrie nucléaire à travers le monde et redessine l'avenir de la technologie.

La façon dont on envisage l'évolution technique et commerciale de l'énergie nucléaire s'est profondément modifiée au cours des vingt dernières années. A un moment donné, les scientifiques et les techniciens étaient nombreux à penser qu'un cycle du combustible fermé serait la meilleure option — en d'autres termes, le combustible des centrales électriques serait retraité après avoir été utilisé une première fois et le plutonium serait récupéré du combustible usé afin d'être recyclé comme combustible dans des réacteurs "surgénérateurs". A leur tour, ces réacteurs produiraient du plutonium, lequel pourrait alimenter d'autres réacteurs. Ainsi fermé, le cycle du combustible nucléaire promettait la naissance d'une technologie de production d'énergie durable et concurrentielle.

Toutefois, la situation a beaucoup changé au cours des vingt dernières années. Premièrement, la production d'électricité d'origine nucléaire s'est développée à un rythme beaucoup plus lent que prévu. Deuxièmement, on ne s'intéresse

guère à l'heure actuelle aux réacteurs surgénérateurs et, dans les pays où on en construit, on en retarde la mise en service industrielle. Troisièmement, l'option du cycle du combustible fermé n'a pas été aussi largement adoptée qu'on ne l'envisageait et, lorsqu'elle a été choisie, elle n'a été qu'en partie réalisée. Ces nouvelles réalités ont contribué à une accumulation de plutonium dans les programmes civils, et à un gonflement des stocks de combustible usé. De plus, du fait de la fin de la guerre froide, il se peut que de grosses quantités de plutonium, provenant d'ogives démontées, soient bientôt transférées au secteur civil, et s'ajoutent ainsi à ces stocks.

Au niveau mondial, les pays s'efforcent de faire face ensemble aux problèmes politiques et techniques spécifiques résultant de l'évolution de la situation, ainsi que de mieux délimiter les domaines communs se prêtant à une coopération mondiale. L'un des grands événements à cet égard a été le Colloque international intitulé "Stratégies pour le cycle du combustible et les réacteurs nucléaires: Adaptation aux réalités nouvelles", tenu en juin 1997. Ce colloque, auquel plus de 300 spécialistes venant de 40 pays et de cinq organisations internationales ont pris part, a été organisé par l'AIEA en collaboration avec la Commission européenne, l'Agence de l'Organisation de coopération et de développement économiques pour l'énergie nucléaire (AEN/OCDE) et l'Institut de l'uranium. (Voir l'encadré, page 11.)

Le présent article met en lumière certains aspects des

principaux thèmes examinés lors du colloque. Ces thèmes ont été étudiés en profondeur par six groupes de travail qui ont présenté chacun des conclusions traduisant une position internationale commune sur la situation du cycle du combustible nucléaire et sur les tendances qui détermineront son évolution bien après l'an 2000.

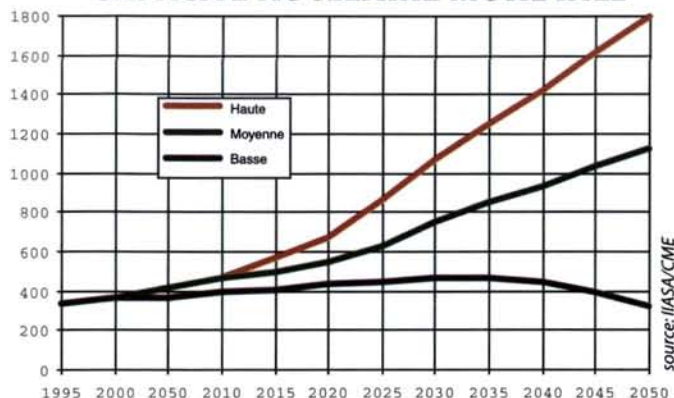
LES PERSPECTIVES ENERGETIQUES MONDIALES

Ce groupe de travail, placé sous la présidence de M. H.F. Wagner (Allemagne), s'est penché sur l'avenir à long terme de l'énergie nucléaire. Ses principales conclusions ont été les suivantes:

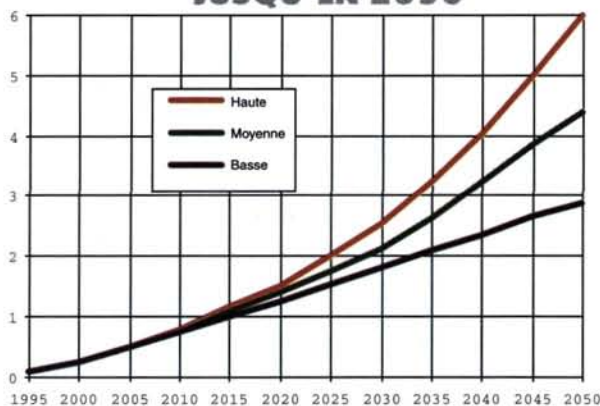
L'approvisionnement en uranium des centrales nucléaires sera vraisemblablement suffisant pour répondre aux besoins mondiaux jusqu'en 2050. Trois scénarios relatifs à l'énergie nucléaire qui étaient fondés sur des études réalisées par l'Institut international d'analyse des systèmes appliquée (IIASA) et par le Conseil mondial de l'énergie (CME) ont été examinés; on a estimé qu'ils étaient "contrastés

M. Oi est un haut fonctionnaire du Département de l'énergie nucléaire de l'AIEA. Avec M. Peter Jelinek-Fink, qui fait également partie de ce département, il a fait fonction de secrétaire scientifique lors du colloque international sur les stratégies pour le cycle du combustible et les réacteurs nucléaires. M. Wedekind est rédacteur en chef des services des périodiques et de l'information électronique de la Division de l'information de l'AIEA.

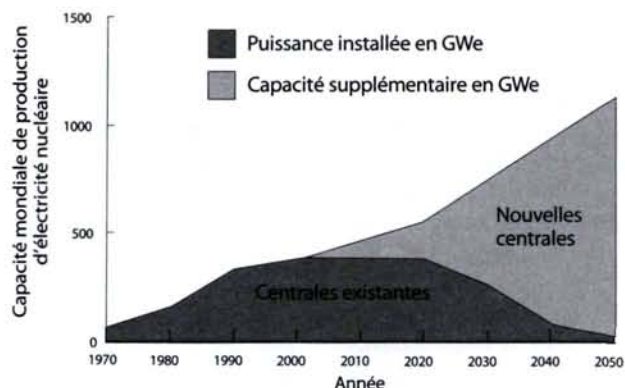
CAPACITE NUCLEAIRE MONDIALE



BESOINS CUMULES EN URANIUM NATUREL JUSQU'EN 2050



CAPACITE NUCLEAIRE REQUISE SELON LA VARIANTE MOYENNE IIASA/CME



mais pas extrêmes". (Voir graphiques.)

Les prévisions des besoins cumulés en uranium naturel pour la période 1995-2000 ont été comparées avec les données relatives aux ressources publiées dans le rapport sur les ressources,

la production et la demande d'uranium, communément appelé le "Livre rouge". Dans le cas de la variante moyenne, le groupe a estimé que les ressources en uranium ne seraient peut-être pas suffisantes pour satisfaire les besoins au-delà de 2050 dans

l'hypothèse où les réacteurs alors en service auraient une durée de vie totale pouvant atteindre 40 ans, voire 60 ans. Par conséquent, il convient d'envisager des mesures permettant de mieux utiliser les ressources en uranium ainsi que les effets que ces mesures sont susceptibles d'avoir.

Plusieurs mesures techniques offrent des solutions prometteuses pour assurer une meilleure utilisation des ressources en uranium. Ce sont notamment l'augmentation du taux de combustion du combustible dans les réacteurs, la réduction des rejets à l'issue des opérations d'enrichissement du combustible et le recyclage du plutonium. Il est possible d'économiser environ 25 % de l'ensemble des ressources en uranium en abaissant le taux de rejet de 0,3 % à 0,15 %, tandis qu'une économie de l'ordre de 17 % serait obtenue en recyclant la totalité du plutonium dans des réacteurs à eau ordinaire. Ces deux options sont réalisables tant sur le plan technique que sur le plan industriel.

Dans une perspective mondiale à long terme, il faudra vraisemblablement envisager avant 2050 des stratégies et des technologies visant à assurer une utilisation plus rationnelle des ressources en uranium.

LA GESTION DU PLUTONIUM

Le deuxième groupe de travail, présidé par M. A. Gloaguen (France), a examiné la situation actuelle et sur les perspectives immédiates dans le domaine de la gestion du plutonium.

La production, le stockage et l'utilisation du plutonium sont des questions dont on se préoccupe au niveau international, mais il n'y a pas de position internationale commune sur les politiques à adopter en la matière. A la fin des années 70, une évaluation

internationale du cycle du combustible (INFCE) a été réalisée avec la participation de 40 pays et de quatre organisations internationales dans le but d'examiner divers cycles du combustible du point de vue de la non-prolifération. Cette évaluation a montré que des mesures efficaces peuvent et doivent être prises aux niveaux national et mondial et que des accords doivent être élaborés afin de réduire au minimum le danger de prolifération des armes nucléaires sans pour autant mettre en péril les approvisionnements en énergie ni le développement de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques.

Les principales conclusions de ce groupe de travail sont les suivantes:

■ Depuis que l'INFCE a été réalisée, il y a environ 20 ans, les grandes orientations n'ont apparemment guère changé. La plupart des pays qui avaient décidé de lancer des programmes de retraitement/recyclage n'ont pas changé de position depuis lors. Une industrie du recyclage, rentable et de grande ampleur, s'est mise en place en Europe et est en train de se développer au Japon.

■ On dispose des techniques de base voulues pour gérer efficacement tant un cycle du combustible fermé qu'un cycle ouvert ainsi que pour écouler les excédents de plutonium militaire. Nombre de ces technologies ont été mises en oeuvre.

■ A la fin de 1996, le stock de plutonium civil séparé représentait environ 150 tonnes, et il devrait passer à environ 170 tonnes en 1999 avant de retomber à environ 150 tonnes d'ici 2015. Si le marché du plutonium était libre, ce chiffre pourrait être ramené à environ 50 tonnes d'ici 2015. Ce tonnage ne comprend pas les quantités de plutonium que la Russie et les Etats-Unis ont en

excédent par rapport à leurs besoins de défense et que ces pays sont susceptibles de transférer au secteur civil.

■ On compte réduire les stocks de plutonium séparé en produisant du combustible à mélange d'oxydes (MOX) dans les usines modernes de fabrication de combustible ainsi qu'en autorisant les réacteurs à eau légère à utiliser ce combustible.

■ L'entreposage à moyen et à long terme du combustible usé peut être assuré aussi bien sur les sites des réacteurs qu'en dehors.

■ Il est important d'assurer la transparence de la gestion du plutonium à l'échelon international pour pouvoir informer les populations avec exactitude et développer la confiance internationale.

STRATEGIES POUR LE CYCLE DU COMBUSTIBLE ET LES REACTEURS

Présidé par M. D. Meneley (Canada), ce groupe de travail a examiné les stratégies pour le cycle du combustible et les réacteurs jusqu'à l'horizon 2050. Ses principales conclusions sont notamment les suivantes:

■ Le marché des centrales nucléaires sera surtout caractérisé par une lente évolution des filières et des modèles de réacteurs actuels. Cette conclusion est

fondée sur le fait que la lourdeur des investissements, la rigueur de la réglementation et la nécessité de maintenir de hautes performances sur une longue durée imposent à la plupart des acheteurs de centrales nucléaires de faire preuve d'une grande prudence.

■ Le développement de l'énergie nucléaire dépendra de trois facteurs fondamentaux: l'intérêt des gouvernements et du public, la compétitivité économique et le rôle que l'énergie nucléaire pourra être amenée à jouer dans le maintien d'un environnement planétaire sain.

■ Les réacteurs à eau continueront de jouer un rôle significatif pendant les 50 ans à venir et au-delà.

■ Dans le cas du recyclage du plutonium dans les réacteurs thermiques, il y a des limites au nombre de recyclages possibles. Le recyclage multiple engendre du plutonium dégradé qui limite ce nombre à deux ou trois dans les réacteurs thermiques. Ce plutonium dégradé peut cependant être utilisé comme combustible dans des surgénérateurs. Si de tels réacteurs ou d'autres réacteurs capables d'utiliser efficacement le plutonium ne sont pas construits, le combustible usé devra quand même être placé en fin de compte dans des installations de stockage définitif.

■ Les surgénérateurs seraient les réacteurs les plus efficaces pour

DOSES PROFESSIONNELLES COLLECTIVES IMPUTABLES AUX TROIS OPTIONS ENVISAGEABLES POUR LE CYCLE DU COMBUSTIBLE (PAR TRANCHE DE 400 TERAWATTHEURES), A L'EXCLUSION DU STOCKAGE DEFINITIF DES DECHETS RADIOACTIFS

	Exposition professionnelle	Principales origines
Cycle à passage unique	153 homme-Sv	Réacteurs: 69 %; Extraction/traitement: 29 %
Combustible MOX (Recyclage dans réacteurs thermiques)	147 homme-Sv	Réacteurs: 76 %; Extraction/traitement: 22 %
Combustible MOX (Recyclage dans des réacteurs thermiques et dans des surgénérateurs)	139 homme-Sv	Réacteurs: 76 %; Extraction/traitement: 22 %

produire de l'énergie nucléaire de façon durable, mais ils ne seront peut-être pas présents sur le marché de l'électricité avant 2030, date à laquelle ils pourraient représenter 1 à 2 % seulement de la puissance nucléaire installée prévue.

CONSEQUENCES POUR LA SANTÉ ET L'ENVIRONNEMENT

Un quatrième groupe de travail, présidé par M. J. Lochard (France) et M. B. Loewendahl (Suède), a examiné les incidences sanitaires et environnementales des diverses options concernant le cycle du combustible. Ses principales conclusions sont notamment les suivantes:

- En exploitation normale, il n'y a pas de différence significative, sur le plan des impacts sur la santé humaine et sur l'environnement, entre les options envisagées pour le cycle du combustible nucléaire. (Voir tableau, page 9.)

- Les trois options envisagées posent toujours le même problème, à savoir le risque d'accidents graves pouvant avoir un impact majeur sur la santé et sur l'environnement. La prévention de ces accidents exige un haut degré de vigilance ainsi qu'une amélioration continue de la sûreté.

- L'entreposage à long terme et le stockage définitif du combustible usé ou des déchets radioactifs ne posent pas de problème particulier sur le plan de la santé. L'exposition individuelle reste extrêmement faible tant qu'il n'y a pas d'intrusion dans les sites de stockage définitif.

- Du point de vue des impacts opérationnels normaux, la toxicité du plutonium n'est pas un facteur majeur. Il ne fait cependant aucun doute que cette question engendre de nombreuses idées fausses qui ont souvent été présentées comme des arguments solides contre le cycle du combustible, y compris contre le retraitement du combustible nucléaire.

ASPECTS INTERESSANT LA NON-PROLIFERATION ET LES GARANTIES

Placé sous la présidence de M. H. Kurihara (Japon), ce groupe de travail a étudié les aspects du cycle du combustible nucléaire intéressant la non-prolifération et les garanties. Les principales conclusions de ce groupe sont notamment les suivantes:

- Le régime de non-prolifération nucléaire est de plus en plus efficace. Les nouvelles tâches qui lui sont confiées doivent être adéquatement financées par la communauté internationale.

- Le régime de non-prolifération nucléaire doit être continuellement adapté aux "nouvelles réalités" qui influent sur le développement de l'énergie nucléaire. Le programme de développement des garanties de l'AIEA, grâce auquel le système de vérification a été renforcé, et les initiatives prises afin de vérifier les matières militaires excédentaires qui ont été transférées au secteur civil constituent deux bons exemples à cet égard.

- L'une des grandes inconnues auxquelles le régime de non-prolifération nucléaire devra faire face au cours des deux décennies à venir est la mesure dans laquelle l'AIEA prendra part à la vérification des matières militaires excédentaires ainsi que la façon dont cette mission, de même que d'autres tâches incombant au système des garanties seront financées. De nouvelles approches techniques et institutionnelles seront nécessaires.

- Le régime de non-prolifération nucléaire devrait être en mesure de donner les assurances nécessaires, quelle que soit la technologie nucléaire retenue, sans pour autant limiter les choix futurs.

COOPERATION INTERNATIONALE

Présidé par M. Kratzer (Etats-Unis) et M. I. Kouleshov (Russie), le sixième groupe de travail a examiné les aspects intéressant la coopération internationale. Ses principales conclusions sont notamment les suivantes:

- La coopération internationale a joué un rôle essentiel dans le développement et la mise en oeuvre de l'énergie nucléaire. L'élément le plus caractéristique de cette coopération — à savoir le régime de non-prolifération nucléaire — a permis de maintenir la prolifération des armes nucléaires à un niveau nettement inférieur aux prévisions initiales.

- La fourniture, d'autres Etats, de matières, d'équipements et de technologies nucléaires à des fins pacifiques par les Etats détenteurs a été l'une des réussites les plus importantes et les plus impressionnantes de la coopération internationale.

- D'une façon générale, les accords et les mécanismes de coopération internationale existants permettent de satisfaire les besoins actuels et futurs. Des améliorations sont toutefois souhaitables dans un certain nombre de secteurs, tels que l'élimination du plutonium militaire excédentaire, le développement de surgénérateurs, les centres régionaux pour le cycle du combustible, le stockage international du plutonium, et la transparence de la gestion du plutonium.

- Il conviendrait que l'AIEA envisage de prendre des mesures propres à assurer un échange d'informations de base sur les faits nouveaux les plus importants ainsi que de renseignements sur les aspects économiques et programmatiques du cycle du combustible, par exemple en mettant en place un mécanisme d'échange systématique en étroite coopération avec d'autres organisations internationales.

VUE D'ENSEMBLE DU COLLOQUE

Le Colloque international sur les stratégies pour le cycle du combustible et les réacteurs nucléaires: adaptation aux réalités nouvelles a dressé un

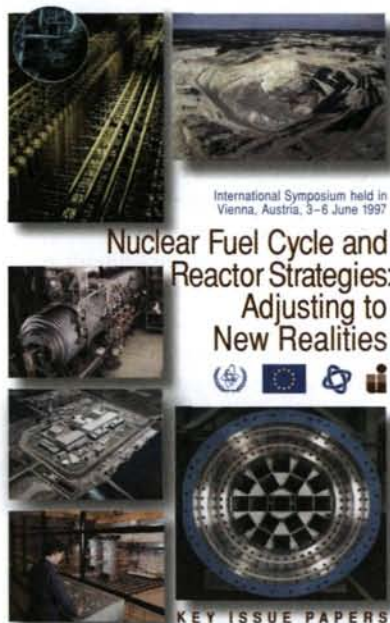
tableau détaillé des tendances énergétiques, économiques et technologiques déterminantes pour l'avenir.

Un comité directeur composé d'experts de haut niveau de douze des Etats Membres de l'AIEA et de deux organisations internationales a supervisé l'organisation du colloque; ce comité était présidé par M. Kratzer (Etats-Unis). Par ailleurs, six groupes de travail ont élaboré six mémoires thématiques avec la participation de 70 experts de 12 Etats — Afrique du Sud, Allemagne, Argentine, Canada, Chine, Etats-Unis, France, Inde, Japon, Royaume-Uni, Russie et Suède — ainsi que de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques, de la Commission européenne, de l'Agence internationale de l'énergie et de l'Institut de l'uranium. Ces mémoires, qui étaient le résultat du travail intensif effectué par les experts pendant deux ans, présentaient une position internationale commune sur divers

aspects de la stratégie pour le cycle du combustible et les réacteurs, l'accent étant plus particulièrement mis sur la question du plutonium jusqu'en 2050.

Au total, plus de 300 experts venus de 44 pays et de cinq organisations internationales ont pris part au colloque, lequel a bénéficié d'une contribution extrabudgétaire du Japon. Outre les six mémoires thématiques, 24 communications ont été présentées par des experts qui y avaient été invités et 45 ont été présentées sur panneaux. Des experts éminents et des décideurs compétents en la matière ont également pris la parole et les questions thématiques ont fait l'objet de débats entre les participants et un groupe composé d'experts de l'Inde, de la République de Corée, du Japon, de la France, de l'Allemagne, de la Russie, du Royaume-Uni et des Etats-Unis.

L'AIEA a récemment publié les mémoires thématiques dans sa Collection Comptes rendus; en décembre 1997, elle a également publié dans un document technique (IAEA-TECDOC-990) les mémoires qui avaient été présentés oralement.



LA POURSUITE DU DIALOGUE

En résumé, le colloque s'est avéré fort utile puisqu'il a permis d'étudier les nouvelles réalités et les choix auxquels doivent faire face les pays qui exploitent l'énergie nucléaire. Les six exposés thématiques qui y ont été présentés ont résumé la position internationale commune sur les diverses questions que soulève le cycle du combustible, notamment du point de vue de la technologie, de la sûreté, des garanties, de l'environnement et des institutions.

Le colloque a également contribué à montrer l'intérêt de

poursuivre le dialogue au niveau mondial, compte tenu de l'importance des problèmes qui se posent ainsi que du rôle actuel et potentiel de l'énergie nucléaire dans la production mondiale d'électricité. A cette fin, l'AIEA a créé au début de 1998 un Groupe de travail international sur les options pour le cycle du combustible nucléaire. Entre autres questions, ce groupe sera chargé d'examiner les avantages et les inconvénients des diverses stratégies pour le cycle du plutonium et la gestion des déchets qui joueront un rôle fondamental dans le développement futur de l'énergie nucléaire.

En dernière analyse, il est impératif que les programmes de l'Agence relatifs au cycle du combustible nucléaire tiennent compte des réalités auxquelles la communauté internationale doit faire face aujourd'hui et notamment des incidences qu'ont les matières retirées d'armes nucléaires du point de vue de la sécurité et du commerce. De plus, il faudra s'efforcer d'accroître encore la fiabilité, la sûreté et la rentabilité de l'énergie nucléaire afin d'aider les pays intéressés à satisfaire leurs besoins en électricité bien au-delà de l'an 2000. □