

# Tendances de l'énergie nucléaire

## Développement de l'énergie nucléaire

À la fin de l'année 2002, les pays de l'OCDE comptaient 362 tranches nucléaires connectées au réseau et assurant environ 24 % de la production d'électricité. Trois tranches nucléaires ont été mises en service : une en République tchèque et deux en Corée ; deux ont cessé de fonctionner au Royaume-Uni ; sept tranches étaient en construction : trois au Japon, deux en Corée et deux en République slovaque. Au cours des dix prochaines années, bien que l'on prévoie une augmentation de la production totale d'électricité dans les pays de l'OCDE, la part du nucléaire devrait diminuer lentement, en raison de la fermeture de centrales en fin de vie. La prolongation de la durée de vie de centrales et quelques mises en service devraient néanmoins compenser partiellement cette évolution.

On note depuis peu, dans certains pays membres de l'OCDE, un regain d'intérêt pour l'énergie nucléaire en laquelle ils voient un moyen de s'assurer un approvisionnement stable en énergie, de diversifier leur parc énergétique et de réduire leur dépendance à l'égard des importations de pétrole et de gaz, tout en luttant contre le changement climatique. C'est ainsi que certains responsables des politiques énergétiques en Europe et en Amérique du Nord remettent à l'ordre du jour cette forme d'énergie. Les participants au sommet sur l'énergie du G8 de Détroit (Michigan, États-Unis), par exemple, ont souligné l'importance de l'option nucléaire pour la sécurité énergétique, la diversification des sources et la protection de l'environnement.

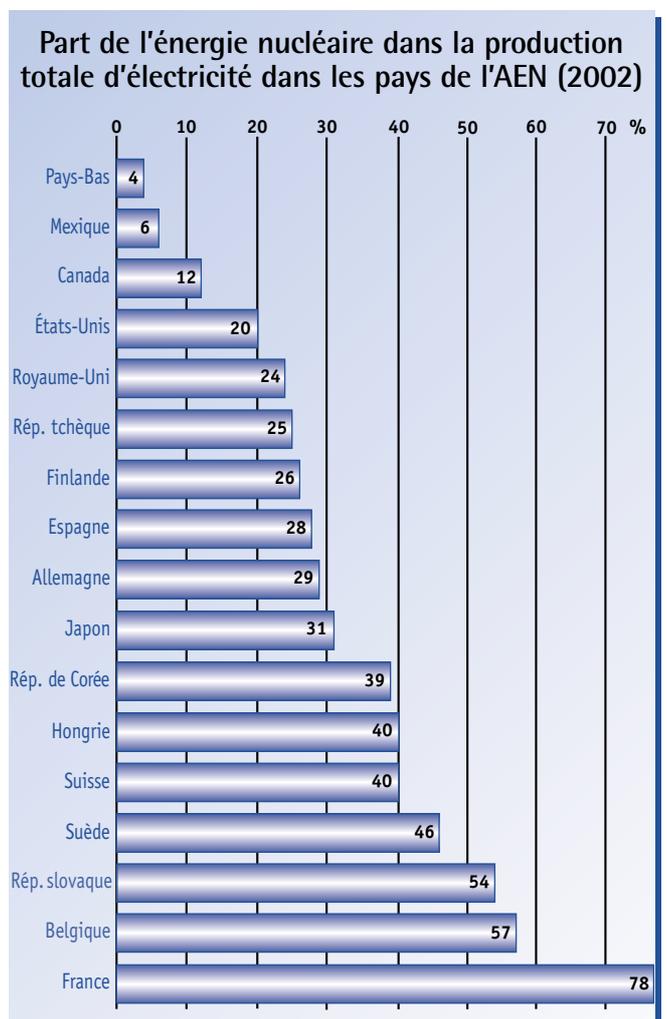
Plusieurs études et forums nationaux et internationaux reconnaissent la capacité de l'énergie nucléaire de réduire les émissions de dioxyde de carbone et ainsi de participer à la lutte contre le changement climatique. Par exemple, le rapport publié au Royaume-Uni sous la direction du *Performance and Innovation Unit* (PIU) met en avant son rôle en tant que source d'énergie ne produisant pas de carbone tandis que le Livre vert sur l'énergie de la Commission européenne fait valoir sa contribution à la réalisation des objectifs du Protocole de Kyoto. Néanmoins, la place à lui réserver dans les stratégies de développement durable reste un sujet de controverse au niveau international, comme l'ont démontré le Sommet mondial pour le développement durable de Johannesburg (Afrique du Sud) et la 8<sup>ème</sup> Conférence des Parties à la Convention-cadre sur les changements climatiques (COP8), qui a eu lieu à New Delhi, en Inde.

Aux États-Unis, le ministre de l'Énergie a publié un plan d'action, le « Roadmap to Deploy New Nuclear Power Plants in the United States by 2010 » qui conclut à la possibilité d'installer des centrales nucléaires aux États-Unis avant 2010, à condition que l'investissement privé soit au rendez-vous. L'industrie étudie actuellement plusieurs filières de réacteurs. En Finlande, le parlement a donné le feu vert au projet de construction d'une centrale nucléaire, une

décision fondée sur le constat que l'option nucléaire aurait l'avantage de favoriser l'emploi et la croissance de l'économie nationale, et de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>.

À l'inverse, plusieurs pays européens se situent sur la voie de l'abandon de l'énergie nucléaire, à des rythmes variables et avec des horizons différents. En Belgique et en Allemagne, les lois de sortie du nucléaire ont été adoptées, les mesures d'application devraient intervenir dans les prochaines années. Cependant, dans tous les pays qui ont fait ce choix, la croissance de la demande rend la mise en œuvre de solutions de rechange problématique. Manquant de sources d'énergie de remplacement satisfaisantes, la Suède, qui avait opté pour la sortie du nucléaire en 1981, a décidé de reporter la fermeture de ses centrales. À ce jour, une seule tranche a été fermée.

La déréglementation des marchés de l'électricité se poursuit dans les pays membres, accélérant les regroupements et les fusions dans



l'industrie au niveau international. L'Union européenne est sur le point de parvenir à un accord concernant l'ouverture totale des marchés nationaux d'ici quelques années. Cette ouverture des marchés a incité bien des compagnies d'électricité à rechercher plus d'efficacité économique à travers une meilleure disponibilité, la prolongation de la durée de vie et l'augmentation de la puissance de leurs installations. La vive concurrence qui s'est instaurée a provoqué quelques faillites, notamment celle du producteur nucléaire *British Energy*, au Royaume-Uni, après l'introduction du nouveau système de bourse de l'électricité. Toutefois, les producteurs exploitant des parcs de centrales thermiques à flamme ne sont pas non plus à l'abri de difficultés. En général, les centrales nucléaires sont des concurrents sérieux pour les centrales à gaz et à charbon en raison de leur faibles coûts de production marginaux, de leur sûreté et de leur fiabilité. Dans de nombreux cas, la prolongation de leur durée de vie et l'augmentation de leur puissance se sont révélées les moyens les plus efficaces, et souvent les moins coûteux, d'augmenter la production d'électricité sur les marchés libéralisés, à condition que les impératifs de sûreté et de réglementation continuent à être respectés.

Sur le long terme, les efforts internationaux pour développer et construire la quatrième génération de systèmes nucléaires adaptés aux besoins futurs de la planète reflètent le même regain d'intérêt pour le nucléaire. Notamment le Forum international Génération IV (un groupe de dix pays) a publié en décembre 2002 un rapport détaillé intitulé « A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems ».

Cette « feuille de route » propose d'engager des programmes internationaux de R-D pour faire la démonstration de la viabilité et du fonctionnement de six systèmes que les membres du projet jugent prometteurs en termes de durabilité, de sûreté et de fiabilité, d'économie, de résistance à la prolifération et de protection physique. Selon le calendrier proposé, établi dans l'hypothèse d'un renforcement de la collaboration internationale, les systèmes énergétiques de la quatrième génération seraient sur le marché d'ici 2030.

### Sûreté et réglementation nucléaires

Dans les pays de l'OCDE, la sûreté des centrales nucléaires reste excellente, comme le montrent de nombreux indicateurs publiés. Plusieurs événements importants sont néanmoins survenus en 2002 et notamment la corrosion du couvercle de la cuve de la tranche 1 de Davis

Couvercle de la cuve du réacteur de Davis Besse.



NRC, États-Unis

Besse (États-Unis) et des ruptures de tuyauteries dues à la déflation de l'hydrogène dans les centrales de Hamaoka (Japon) et de Brunsbüttel (Allemagne).

L'analyse des incidents d'exploitation permet de dégager les aspects sur lesquels doit porter l'attention : le changement organisationnel, les modifications du matériel, la perte d'expertise technique et la perte de la mémoire de l'entreprise. Au nombre des problèmes étudiés en 2002 par les autorités de sûreté de l'OCDE, le démantèlement des réacteurs nucléaires, la communication avec le public, les indicateurs de la sûreté nucléaire et de l'efficacité des autorités de sûreté, la préservation des compétences en sûreté nucléaire, les agressions externes et les prescriptions réglementaires applicables aux réacteurs nucléaires de demain. Le fait que certaines compagnies japonaises aient tenté de dissimuler les résultats d'inspections internes démontre la nécessité d'une vigilance accrue en matière de sûreté et d'un contrôle strict par les autorités nationales compétentes.

### Radioprotection

En 2002 la radioprotection n'a cessé d'évoluer dans sa philosophie et son application. Cette évolution trouve en grande partie son origine dans les nouvelles approches de la gouvernance du risque tendant vers une meilleure prise en compte des besoins des différentes parties prenantes. Plusieurs sujets d'intérêt très général sont au cœur des débats internationaux actuels. Tout d'abord, la volonté de simplifier et de clarifier le système, unanimement reconnu, de protection radiologique fondé sur les recommandations de 1990 de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), ce système étant devenu particulièrement complexe et comportant des incohérences.



Union Electric Co., États-Unis

Laboratoire de physique sanitaire à la centrale nucléaire de Callaway aux États-Unis.

Cette fois, on insiste davantage sur les différences nationales et culturelles au cas par cas. Il est admis également que la technique n'est que l'un des éléments qui doivent intervenir dans les décisions de radioprotection, et que les considérations sociales comptent. La protection radiologique des espèces autres que l'homme fait partie des centres d'intérêt ; la réflexion s'inscrit dans la perspective du développement durable. Les principes de la protection, à savoir ce qui doit être protégé, pourquoi et selon quels arguments scientifiques, sont toujours en préparation. Enfin, on a entrepris de formuler des recommandations claires concernant la protection radiologique contre les substances naturellement radioactives.

La communauté des radioprotectionnistes poursuit sa réflexion sur la gestion des situations d'urgence nucléaire, en particulier les implications à long terme des décisions dans ce domaine. Les accidents radiologiques, comme la perte de sources radioactives, suscitent également un intérêt accru, en relation notamment avec le risque terroriste.

La radioexposition des travailleurs dans les centrales nucléaires semble avoir atteint le niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARA). Ces dix dernières années, les niveaux d'exposition n'ont cessé de diminuer de manière significative, et semblent aujourd'hui se stabiliser. Selon toute vraisemblance, on serait parvenu à un équilibre entre la nécessité de réaliser des travaux de maintenance en milieu radioactif sur un parc vieillissant de centrales afin de moderniser les installations ou à en améliorer la sûreté, et l'impératif d'une exposition répondant au principe ALARA.

### Gestion des déchets radioactifs

Le programme des États-Unis en matière de gestion du combustible usé a progressé de façon notable en juillet 2002 avec le vote d'approbation du Congrès américain sur le choix de Yucca Mountain par le ministère de l'Énergie comme site du premier dépôt national à long terme de déchets radioactifs en formation géologique. Environ un mois plus tard, le Président confirmait le bien-fondé de la position prise par le Congrès, ce qui ouvrait la voie à l'étape suivante de la procédure ; le ministère de l'Énergie préparera et soumettra à la *Nuclear Regulatory Commission* une demande de licence de construction du dépôt. Avec cet événement, auquel il faut ajouter les décisions de la Finlande et de la Suède concernant des sites de dépôt, c'est une voie réaliste et pragmatique vers l'enfouissement définitif du combustible usé et des déchets de haute activité qui se dessine.

Le Canada et l'Allemagne, où d'importants projets de gestion des déchets ont été retardés, ont pris des mesures décisives pour restructurer leurs programmes nationaux. En Allemagne, un comité constitué par le gouvernement à la suite du moratoire sur l'exploration du site de Gorleben, a proposé une procédure et des critères généraux de sélection des sites qui intègrent des aspects sociaux et géoscientifiques. La transformation de la mine de Konrad en dépôt de déchets radioactifs a été autorisée pour des déchets à faible pouvoir calorifique. Cependant, l'exploitant a, de son propre gré, décidé de ne rien entreprendre tant que tout le contentieux n'aura pas été jugé. Au Canada, la loi sur la gestion à long terme des déchets de combustible nucléaire, entrée en vigueur en novembre 2002, impose aux

propriétaires de déchets de proposer une méthode et de financer la gestion à long terme de leurs déchets. Elle exige aussi la création d'un fonds de gestion des déchets et d'une société de gestion à but non lucratif, tenue de consulter le grand public.

Les messages en provenance de la Suisse sont, par contre, mitigés. La société de gestion nationale, la CEDRA, a présenté une étude de la faisabilité du stockage dans l'argile à Opalinus, qui démontre que les déchets de haute activité et le combustible usé peuvent être stockés en toute sécurité en Suisse. Cette étude devrait faciliter la décision qui devra être prise en 2006 concernant les étapes suivantes sur la voie de la gestion de ces déchets. Par contre, en rejetant pour la deuxième fois un projet de recherche et de construction d'un dépôt définitif dans la région de Wellenberg, le canton de Nidwald a dressé un nouvel obstacle sur la voie de la gestion à long terme des déchets de faible et moyenne activité. Ce rejet pourrait avoir des répercussions sur l'examen à venir de la loi nucléaire.

Enfin, on note une avancée au Japon où l'entreprise nationale de gestion des déchets NUMO a officiellement annoncé le lancement d'une « procédure d'appel à candidatures pour des travaux de reconnaissance préliminaire » dans le cadre de la recherche d'un site de dépôt de déchets de haute activité. Cette démarche se justifie par la volonté d'obtenir l'adhésion des communautés locales au programme de stockage géologique des déchets de haute activité et s'inscrit dans l'approche en trois étapes préconisée par la loi sur le stockage des déchets radioactifs de 2000.

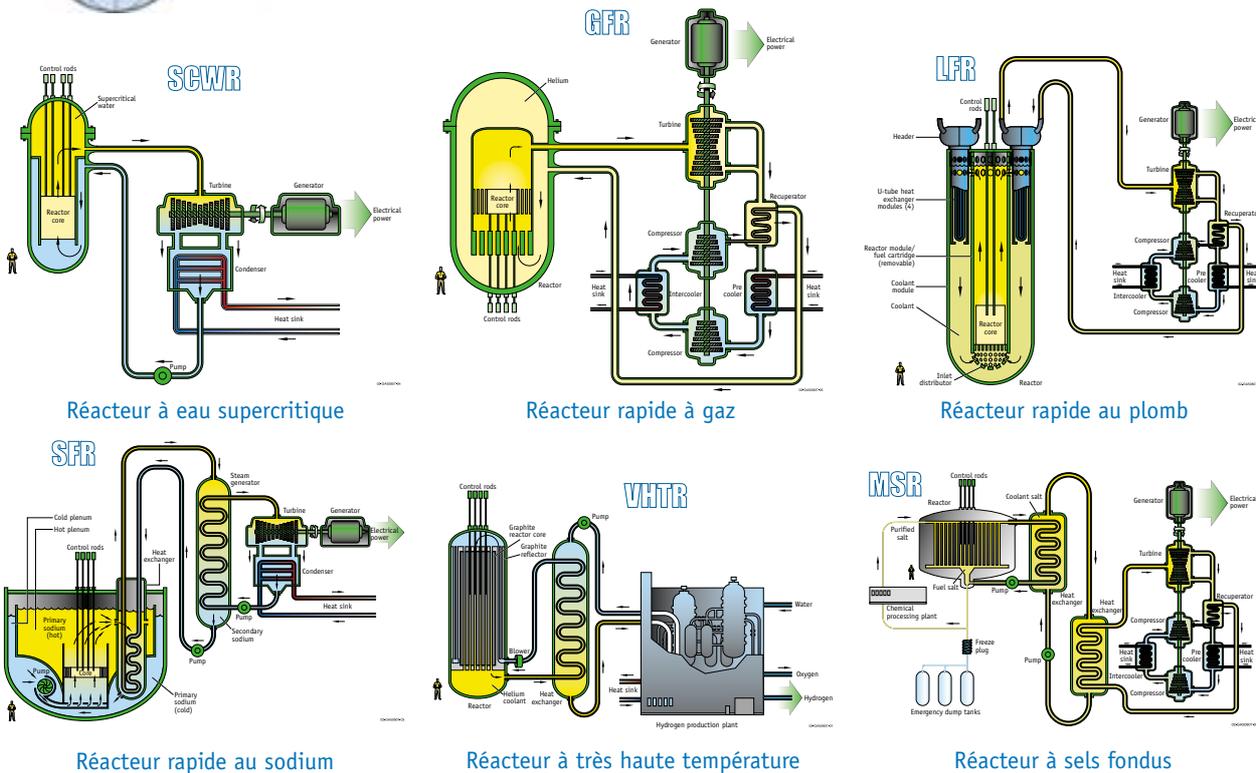
### Sciences nucléaires

En sciences nucléaires, les nouveaux défis découlent principalement des propositions résultant d'études récentes sur les technologies des réacteurs avancés, dans le cadre du Forum international Génération IV (GIF) par exemple, et de la poursuite des études de la faisabilité de la séparation et la transmutation des déchets nucléaires.

Au cours de la sélection des nouvelles filières de réacteurs à étudier effectuée par les membres de GIF, les réacteurs rapides à neutrons rapides à haute température en cycle fermé ont suscité un intérêt considérable. Avant de pouvoir les construire, il faudra mettre au point des matériaux capables de résister à des hautes températures et se comportant de façon satisfaisante sous irradiation. De son côté, le cycle fermé exige davantage de recherches dans le domaine de la chimie du retraitement du combustible, par exemple sur les méthodes pyrochimiques (retraitement par voie sèche).

Entrée de l'un des tunnels du site d'évacuation de déchets radioactifs de Yucca Mountain.





On continue d'étudier les différentes options de transmutation des déchets nucléaires, une technique qui permet de réduire la durée de la radiotoxicité ainsi que les volumes de déchets à stocker. La transmutation pourrait s'effectuer tant dans des réacteurs classiques que dans des réacteurs hybrides sous-critiques refroidis par différents types de caloporteurs. Des programmes ont été engagés afin de modéliser ces systèmes et de valider par des données expérimentales les méthodes de calcul et les données employées, avant de passer à la construction d'un système de démonstration.

## Préservation des connaissances et données nucléaires

La validation des systèmes nucléaires, actuels et futurs, exige des données expérimentales et des programmes de calcul bien documentés. D'où l'importance de recueillir et de classer, en un lieu centralisé, les informations que possèdent les laboratoires du monde entier. D'autant que les effectifs de spécialistes du nucléaire diminuent et que les installations expérimentales se font rares. C'est pourquoi les principales organisations internationales spécialisées dans l'énergie nucléaire se soucient actuellement de préserver les acquis.

## Droit nucléaire

La modernisation des conventions internationales sur la responsabilité nucléaire et l'action en faveur de l'adhésion à ces conventions répondent au besoin d'assurer une indemnisation équitable des dommages nucléaires dans l'éventualité d'un accident nucléaire, tout en facilitant le commerce international de matières et d'équipements

nucléaires. Dans le prolongement des efforts déployés en 1997 par la communauté internationale pour réformer la Convention de Vienne relative à la responsabilité civile en matière de dommages nucléaires et établir une Convention sur la réparation complémentaire des dommages nucléaires, de portée mondiale, les parties contractantes à la Convention de Paris et à la Convention complémentaire de Bruxelles sont parvenues au terme de leurs négociations sur la révision de ces deux conventions, puis ont approuvé les textes définitifs des deux protocoles d'amendement et sont convenues d'organiser en 2003 une conférence diplomatique pour la signature des protocoles. Cette révision s'imposait pour permettre à un plus grand nombre de victimes de bénéficier d'une indemnisation nettement supérieure, et cela pour un éventail élargi de dommages. Elle assure également la compatibilité avec d'autres instruments internationaux dans le domaine de la responsabilité nucléaire.

Dans les pays d'Europe centrale et orientale et les Nouveaux États indépendants de l'ex-Union soviétique, les efforts pour consolider le cadre institutionnel et législatif de l'énergie nucléaire se poursuivent. Les pays de ces régions sont de plus en plus nombreux à adhérer aux conventions internationales en matière de droit nucléaire, à adopter une législation nationale conforme au régime international ou à modifier leur législation en conséquence.

Le succès des deux premières sessions et le nombre d'inscriptions enregistré témoignent d'un grand intérêt pour le séminaire d'été en droit nucléaire organisé à l'université de Montpellier 1, en collaboration étroite avec l'AEN. Ce programme répond aux préoccupations des pays membres de l'OCDE, soucieux de maintenir des enseignements et formations de haut niveau dans les disciplines nucléaires, notamment en droit.