

L'énergie nucléaire en 2007

Développement de l'énergie nucléaire

À la fin de 2007, les 346 réacteurs connectés aux réseaux dans les pays membres de l'OCDE représentaient quelque 83 % de la puissance nucléaire installée dans le monde et environ 23 % de la production totale d'électricité dans la zone de l'OCDE. En 2007, aucun réacteur n'a été fermé ; trois ont été mis en chantier (un en France et deux en République de Corée), tandis que, aux États-Unis, un réacteur a été remis en service et le chantier interrompu d'un autre a repris.

Au sein des pays membres de l'AEN la politique nucléaire est loin d'être homogène. Certains pays, dont l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, l'Espagne, l'Italie et la Suède, par exemple, appliquent un moratoire officiel ou ont décidé d'éliminer progressivement l'énergie nucléaire. Cependant, comme le nucléaire peut non seulement produire de l'électricité en base à un prix concurrentiel tout en n'émettant que des quantités négligeables de gaz à effet de serre, mais aussi contribuer à la sécurité d'approvisionnement énergétique du pays, plusieurs gouvernements ont été amenés à le considérer comme une composante nécessaire de leur bouquet énergétique. À cet égard, la résolution adoptée par le Parlement européen en octobre 2007, selon laquelle l'énergie nucléaire est indispensable pour répondre aux besoins énergétiques de base à moyen terme en Europe, en représente un très bon exemple. Les projets visant à renforcer la puissance nucléaire installée

ont continué à prendre de l'essor en 2007 dans plusieurs pays membres de l'OCDE :

- Le Canada a entrepris une étude d'impact sur l'environnement du projet de la société *Bruce Power* qui souhaite construire des réacteurs (d'une puissance totale d'environ 4 000 MWe) en Ontario. De même a été lancée une étude de faisabilité concernant la construction d'un réacteur CANDU avancé de 1 085 MWe au Nouveau-Brunswick. En Alberta, il a été proposé de construire deux réacteurs CANDU avancés pour fournir l'énergie nécessaire à l'extraction du pétrole des sables bitumineux.
- En République de Corée, la construction du réacteur n° 1 de la centrale de Shin Wolsong a officiellement commencé et celle des deux premiers réacteurs APR-1400 de Shin Kori se poursuit. Les plans actuels prévoient la construction de deux tranches APR-1400 supplémentaires à Shin Ulchin à partir de 2015.
- Aux États-Unis, la *Tennessee Valley Authority* a redémarré la tranche 1 de la centrale de Browns Ferry (arrêtée depuis 1985) et annoncé qu'elle achèverait de construire la tranche 2 de Watts Bar (suspendue en 1988). La Commission de la réglementation nucléaire (NRC) a accepté d'instruire la demande d'autorisation pour le *South Texas Nuclear Project* (deux réacteurs avancés à eau bouillante d'une puissance installée totale de 2 700 MWe), qui seront les premiers d'une série de réacteurs à bénéficier d'une autorisation combinée de construction et d'exploitation.
- En Finlande, la construction du réacteur à eau sous pression européen (EPR), la tranche 3 d'Olkiluoto, se poursuit. Des études de l'impact sur l'environnement de la construction éventuelle d'une tranche supplémentaire à Olkiluoto et à Loviisa ont été lancées, et le projet de construire un autre réacteur sur un site encore indéterminé a été annoncé.
- En France, un EPR de 1 630 MWe a été mis en chantier en décembre 2007, près de Flamanville, en Basse-Normandie. À partir de 2020, Électricité de France (EDF) compte remplacer les réacteurs actuels par des EPR, en tirant bénéfice de l'expérience du réacteur en construction à Flamanville.
- Au Japon, la construction des réacteurs de Tomari-3 et de Shimane-3 suit son cours, de même que les préparatifs en vue du redémarrage du réacteur rapide de Monju. Parallèlement, le gouvernement japonais a approuvé un plan à long terme afin de renforcer sa sécurité d'approvisionnement en énergie en accordant davantage d'importance au développement de l'énergie nucléaire, à la mise au point d'un système de recyclage du combustible nucléaire et aux réacteurs surgénérateurs rapides.
- Dans la République slovaque, il a été confirmé que la construction de deux réacteurs, interrompue en 1992, serait menée à terme, et l'on envisage aujourd'hui d'en construire d'autres.

Principales données sur l'énergie nucléaire en 2007
(au 31 décembre 2007)

	Réacteurs en service	Puissance installée (GWe nets)	Besoins en uranium (tonnes U)	Pourcentage d'électricité nucléaire
Allemagne	17	20,4	3 400	23,2
Belgique	7	5,8	906	54,1
Canada*	20	12,5	1 700	15,6
Espagne	8	7,5	1 283	17,8
États-Unis*	104	100,0	22 890	19,4
Finlande	4	2,7	489	29,0
France	59	63,3	7 184	76,8
Hongrie	4	1,8	407	37,2
Japon*	55	47,1	8 792	34,2
Mexique	2	1,4	356	4,4
Pays-Bas*	1	0,4	65	3,1
Rép. de Corée*	20	16,8	3 600	38,9
Rép. slovaque	5	2,0	475	54,9
Rép. tchèque*	6	3,5	664	31,5
Royaume-Uni*	19**	10,2**	2 165	19,5
Suède*	10	9,0	1 600	50,3
Suisse	5	3,2	318	40,6
Total (OCDE)	346	307,6	56 294	22,7

* Données de 2006. ** Estimations pour 2007.

- En Suisse, trois entreprises du secteur énergétique ont annoncé la création de l'entreprise commune Resun pour remplacer d'ici à 2020 les réacteurs de Beznau et de Muhleberg par des tranches d'une puissance pouvant atteindre 1 600 MWe.

Plus généralement, la République tchèque, la Hongrie et le Mexique envisagent de construire de nouvelles tranches nucléaires, tandis que la Pologne et la Turquie élaborent des stratégies afin d'introduire l'énergie nucléaire sur leur territoire. Au Royaume-Uni, une consultation nationale a été organisée sur le rôle de l'énergie nucléaire dans une économie faiblement carbonée.

Dans les pays non membres de l'OCDE, trois tranches ont été reliées au réseau en 2007 et quatre autres ont été mises en chantier. En Afrique du Sud, en Chine, en Inde et en Russie, des projets ambitieux commencent à prendre forme pour fortement développer la capacité de production électronucléaire. Un nombre croissant de pays dont l'Argentine, la Bulgarie, certains États du golfe Persique, l'Indonésie, le Kazakhstan, la Lituanie, la Roumanie et le Vietnam étudient la possibilité d'augmenter leur puissance installée ou de démarrer un programme nucléaire.

Les initiatives en vue de mettre au point des programmes internationaux de gestion du cycle du combustible nucléaire font également leur chemin. Le Partenariat mondial pour l'énergie nucléaire (GNEP) qu'ont proposé les États-Unis afin de faciliter l'expansion des utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire en renforçant les garanties, et en développant les services internationaux du cycle du combustible et les technologies avancées (dont le retraitement et les réacteurs rapides) comptait 19 membres à la fin de 2007 (Australie, Bulgarie, Canada, Chine, États-Unis, France, Ghana, Hongrie, Italie, Japon, Jordanie, Kazakhstan, Lituanie, Pologne, République de Corée, Roumanie, Russie, Slovénie et Ukraine). Le Centre international d'enrichissement, un partenariat conclu entre la Russie et le Kazakhstan sous le contrôle de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), vise également à améliorer la résistance à la prolifération en offrant aux partenaires internationaux des services liés au combustible nucléaire qui leur évitent d'avoir à se doter de cette technologie. L'Arménie est devenue le troisième partenaire à la fin de 2007. La réussite de ces programmes et le déploiement des réacteurs rapides pourraient modifier profondément l'évolution de l'énergie nucléaire dans le monde, ainsi que les activités du cycle du combustible.

Production, conversion et enrichissement de l'uranium

Selon des indications préliminaires, seulement cinq pays de l'OCDE auraient produit de l'uranium en 2006, dont l'un uniquement en petites quantités dans le cadre de la remise en état de mines. Toutefois, près la moitié de la production mondiale provenait du Canada (25 %), de l'Australie (19 %) et des États-Unis (5 %). La production des pays de l'OCDE avoisinait 19 700 tonnes d'uranium (tU), en 2006, et devrait croître légèrement en 2007. Néanmoins, la production n'a permis de satisfaire qu'à peu près 30 % des besoins en uranium des pays de l'OCDE et il a fallu recourir pour le reste aux importations et sources secondaires, dont les stocks commerciaux excédentaires. En 2008, l'AEN et l'AIEA publieront un panorama complet du marché de

l'uranium, intitulé *Uranium 2007 : Ressources, production et demande*.

Depuis 2001, le prix spot de l'uranium, qui était tombé à un niveau plancher d'environ 18 USD/kgU, est remonté à des prix inégalés depuis les années 80. En juin 2007, il a d'abord franchi un pic de 354 USD/kgU pour retomber à 235 USD/kgU, en décembre. Cette envolée a provoqué une relance de la prospection qui a déjà permis d'importantes découvertes, même si la production a baissé en raison de difficultés temporaires dans les mines en exploitation. Ensemble, la hausse de la demande, la baisse de production et la diminution des stocks ont renforcé le marché. La spéculation semble également y avoir contribué pour beaucoup, en particulier lors de la soudaine escalade des prix, au début de 2007, si bien que le marché spot a fluctué davantage et plus vite en 2007 qu'il ne l'avait fait pendant des décennies, suscitant un grand intérêt pour le marché et un afflux de capitaux vers une industrie en mal d'investissements.

En 2007, des usines de conversion d'uranium ont continué de fonctionner au Canada, aux États-Unis, en France et au Royaume-Uni. La société *CoverDyn* a modernisé ses installations et augmenté sa capacité de production aux États-Unis. En France, AREVA a investi dans une nouvelle usine de grande capacité qui devrait commencer à produire en 2010, tandis que la société canadienne Cameco a signé un accord avec *Kazatomprom* qui pourrait conduire à la conception d'une nouvelle usine de conversion au Kazakhstan.

Au cours de l'année, la construction de deux usines d'enrichissement par les techniques de centrifugation d'URENCO a progressé : l'usine Georges Besse II d'AREVA, en France, et l'usine de la *Louisiana Energy Services National Enrichment Facility* (NEF), aux États-Unis. La société *US Enrichment Corporation* a obtenu une autorisation de la NRC et s'achemine vers la démonstration de la technologie de centrifugation américaine. AREVA a annoncé qu'elle souhaitait faire autoriser et construire une usine de centrifugation aux États-Unis. *GE Hitachi Nuclear Energy* continue de mettre au point la technique australienne d'enrichissement par laser SILEX, tandis que la Chine et le Japon poursuivent le développement d'usines d'enrichissement nationales.

Sûreté et réglementation nucléaires

En 2007, les centrales nucléaires des pays de l'OCDE ont enregistré un très bon bilan de sûreté, tout comme les années précédentes. Ce résultat s'explique par la maturité de l'industrie, la robustesse du système de réglementation et la solidité de la recherche. Tous s'accordent, en effet, à reconnaître que les évaluations de sûreté et la recherche dans ce domaine peuvent améliorer l'efficacité et l'efficacité du système réglementaire parce qu'elles permettent d'identifier les points essentiels pour la sûreté, de prévoir les futurs défis réglementaires et de concentrer ainsi les ressources sur les problèmes les plus importants.

De plus en plus de centrales nucléaires parviennent à la fin de leur durée de vie initiale et de nombreux pays de l'OCDE ont choisi d'en renouveler les autorisations. L'AEN continue d'assister les autorités de sûreté qui ont entrepris d'évaluer les méthodes adoptées par les exploitants afin de gérer le vieillissement de leurs installations à l'aide des technologies les plus modernes et des données techniques les plus fiables.

Un important séisme est survenu en 2007, au Japon, à proximité de la centrale nucléaire de Kashiwazaki Kariwa équipée de sept réacteurs. Bien qu'il ait eu un impact négligeable sur la sûreté de la centrale, cette dernière restera fermée le temps que l'on procède à des vérifications complètes. Les enseignements de l'examen seront soumis à la communauté internationale qui s'efforcera d'envisager des améliorations possibles contre les agressions externes. Cet événement illustre la nécessité permanente de réagir au retour d'expérience et de mettre en place en temps utile un programme adapté de mesures correctives. Les autorités de sûreté et les établissements de recherche en sûreté nucléaire ont largement contribué à mettre au jour et à résoudre les problèmes dans ce domaine.

La délivrance d'autorisations pour de nouvelles technologies et filières est devenue une priorité au fil des évolutions récentes des politiques énergétiques. Les pays de l'OCDE soutiennent plusieurs initiatives afin d'améliorer l'efficacité des examens des conceptions de nouvelles centrales nucléaires et à partager les expériences de chacun concernant la réglementation des nouveaux réacteurs. Ces initiatives ont pour objectif de renforcer la sûreté nucléaire dans le monde entier en rapprochant les pratiques de sûreté et en fédérant les compétences des autorités réglementaires qui y participent. Il s'agit, ainsi, non seulement de dégager un consensus sur les questions de sûreté auquel puissent ensuite se référer les autorités de sûreté nationales dans leurs décisions, mais aussi d'accélérer et d'améliorer l'examen de sûreté des nouvelles filières et technologies.

Gestion des déchets radioactifs

À l'issue de réorientations et de vastes consultations sur les options existantes pour gérer les déchets radioactifs, certains pays membres de l'OCDE ont pris des décisions importantes qui dessinent de nouvelles perspectives stables pour les développements futurs.

Le Canada a officiellement choisi la gestion adaptative progressive pour l'évacuation à long terme de son combustible nucléaire usé, se réglant ainsi sur les recommandations de la Société de gestion des déchets nucléaires (SGDN) qui avait proposé cette solution, en novembre 2005, à la suite d'une étude de trois ans à laquelle avaient participé des milliers de citoyens dans toutes les provinces et tous les territoires du pays. En vertu de la *Loi canadienne sur les déchets de combustible nucléaire*, la SGDN est désormais chargée d'appliquer cette décision.

Au Royaume-Uni, les autorités ont pris l'avis d'un groupe indépendant, le Comité sur la gestion des déchets radioactifs (CoRWM), sur la politique à suivre en matière de gestion des déchets. Après la publication du rapport du Comité en 2006, le gouvernement a lancé une vaste consultation publique sur la gestion à long terme des déchets de haute et moyenne activités à vie longue, afin que les décisions finales reflètent autant les intérêts et les préoccupations de tous que les meilleures pratiques. La synthèse et l'analyse des réponses recueillies ont été publiées. Dans l'ensemble, ces réponses sont favorables à l'idée de gérer à long terme les déchets radioactifs de haute et moyenne activités à vie longue dans des dépôts géologiques, ainsi que le recommandait le CoRWM qui la considère comme la meilleure option disponible.

De son côté, le Conseil de l'Union européenne a donné une nouvelle impulsion aux travaux de ses membres dans le domaine de la gestion des déchets en créant, d'une part, un Groupe de haut niveau sur la sûreté nucléaire et la gestion des déchets, et d'autre part, un Forum européen sur l'énergie nucléaire. La gestion des déchets sera au centre des activités de ces deux instances.

Maintenant que plusieurs pays se sont résolument engagés sur la voie de l'évacuation des déchets de haute et moyenne activités à vie longue dans des dépôts géologiques profonds, les perspectives d'avancées paraissent nettement meilleures. C'est ce qu'a confirmé la Conférence internationale sur les dépôts géologiques (ICGR07) qui s'est tenue à Berne, en Suisse, du 15 au 17 octobre 2007, et où a été dressé, à un niveau politique élevé, un bilan de la gestion à long terme des déchets qui fait apparaître un engagement clair de tous les grands programmes de gestion des déchets en faveur de l'évacuation dans des formations géologiques. Des progrès ont été accomplis ces dernières années, et certains programmes ont mûri, se sont recentrés ou ont vu leur calendrier inscrit dans la loi. La sûreté reste la toute première priorité, mais l'acceptation du site par les populations locales et l'adhésion nationale au programme sont indispensables et doivent être acquises pour le très long terme.

Au niveau de la technique et des projets, certains programmes de dépôts en formation géologique parmi les plus avancés ont accompli des progrès tangibles. L'aménagement de laboratoires souterrains sur les sites de dépôts proposés ou, du moins, dans des régions désignées, a avancé à Bure, en France, ainsi qu'à Olkiluoto, en Finlande. En Allemagne, suite à la décision du tribunal administratif supérieur, l'autorisation de construire et d'exploiter le dépôt géologique de Konrad destiné aux déchets de faible et moyenne activités a été confirmée, et les travaux techniques nécessaires pour convertir l'ancienne mine de fer en dépôt ont démarré. En Suède, la Société suédoise de gestion du combustible et des déchets nucléaires (SKB) a présenté son dernier programme de recherche qui devrait aboutir à la sélection d'un site de dépôt en 2009. De son côté, le ministère de l'Énergie (DOE) des États-Unis s'apprête à présenter une demande d'autorisation pour Yucca Mountain aux autorités de sûreté au milieu de 2008.

Radioprotection

Des modifications importantes se dessinent dans le domaine nucléaire, et le secteur de la radioprotection ne fait pas exception. L'adoption en mars des nouvelles recommandations générales de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), parues dans sa Publication 103, représente un grand pas. La révision des Normes fondamentales de sûreté à laquelle participent huit organisations internationales est bien engagée. En outre, il convient de mentionner les problèmes de radioprotection que pose la multiplication des expositions médicales aux rayonnements, bien que ce sujet ne concerne pas la production d'électricité nucléaire proprement dite.

Parmi les nouveautés à signaler, les recommandations générales de la CIPR adoptées en 2007 s'appliquent désormais à toutes les expositions radiologiques, qu'il

s'agisse de sources naturelles ou artificielles. S'appuyant sur les excellents résultats de la démarche ALARA, qui consiste à maintenir les doses au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre pour gérer les expositions professionnelles et les rejets d'effluents, et poussée par la participation croissante des intéressés aux processus de décision liés aux risques, la gestion de ce que la CIPR désigne maintenant comme « situations d'urgence et existantes » s'apparente de plus en plus au principe d'optimisation. Ainsi, la gestion des différents types d'expositions qui, jusqu'à présent, n'était pas systématiquement axée sur l'optimisation de la protection, tend à s'harmoniser. En d'autres termes, en vertu du principe de précaution, il n'existe pas d'objectif prédéterminé ou de niveau en deçà duquel il serait inutile de continuer à réduire l'exposition. On évalue, au contraire, les aspects particuliers de chaque cas afin de déterminer et d'appliquer la protection la plus opportune. Néanmoins, les nouvelles recommandations proposent toujours d'utiliser des limites de dose pour n'exposer aucun travailleur et aucun particulier à des doses trop élevées. Dès à présent, les gouvernements des pays membres ont entrepris d'examiner les incidences potentielles de la Publication 103 sur leur réglementation nationale et prennent des mesures afin d'intégrer les rectifications nécessaires.

Huit organisations internationales ont entrepris de réviser les *Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements* (BSS) : l'AIEA, à qui incombe la responsabilité générale de la révision, l'AEN, l'Organisation internationale du travail (OIT), l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Organisation panaméricaine de la santé (OPS), l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la Commission européenne (CE) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). En plus de cette révision globale, les organisations participantes étudieront aussi les incidences éventuelles des récentes recommandations générales de la CIPR sur les Normes fondamentales. Selon le calendrier actuel, les nouvelles Normes révisées devraient être approuvées par le Conseil des gouverneurs de l'AIEA en septembre 2009. Les organisations qui parrainent cette révision devraient approuver les nouvelles Normes parallèlement.

Sous la pression sociale et avec l'évolution rapide des techniques, les usages des rayonnements se multiplient en médecine et représentent la principale source d'exposition artificielle aux rayonnements. Ce phénomène, conjugué à l'existence de techniques d'imagerie médicale et de radiothérapie qui évoluent vite, font que les questions de radioprotection ne sont pas toujours pleinement prises en compte au moment d'introduire de nouveaux appareils ou de planifier les procédures, d'où l'augmentation signalée du risque de surexposition accidentelle grave des malades par suite de défaillances humaines, organisationnelles ou techniques. Bien que des dispositions soient prises pour réduire ce risque d'accident dans toute la mesure du possible, il faudra à l'évidence toujours disposer de moyens sûrs pour que les exigences de radioprotection et l'optimisation suivent l'évolution des techniques et leur mise en œuvre, tout en veillant à perfectionner les outils voulus afin d'éviter toute surexposition médicale intempestive.

Sciences nucléaires

Autant les chercheurs et représentants du secteur nucléaire que les spécialistes de la sûreté et de la réglementation réclament toujours plus de connaissances de bonne qualité sur les incertitudes liées à différents paramètres calculés ou modélisés, tels que la criticité, le niveau d'irradiation des principaux composants des réacteurs et les flux de neutrons ou rayons gamma. Ces renseignements sont particulièrement importants afin d'estimer les marges de sûreté puisqu'une meilleure compréhension de ces marges, ainsi qu'une confiance accrue dans ces dernières, pourraient avoir des conséquences économiques majeures.

En réponse à cette demande d'estimations plus précises des incertitudes de modélisation et de simulation, les producteurs de bibliothèques de données nucléaires s'efforcent d'enrichir leur corpus sur les incertitudes sous forme de matrices de covariance. De nombreux pays ont mis ou mettent au point des méthodes capables de quantifier les biais de calcul et les incertitudes connexes. Ces méthodes reposent principalement sur la théorie des perturbations linéaires qui permet de calculer des coefficients de sensibilité et de propager les sensibilités à l'aide des matrices de covariance des données de base, afin d'obtenir celles des paramètres finals des réacteurs.

Droit nucléaire

Les pays membres de l'OCDE s'efforcent toujours d'abaisser les obstacles juridiques à l'utilisation de l'énergie nucléaire dans des conditions sûres et font tout leur possible pour développer et harmoniser la législation en régissant les utilisations pacifiques. Ils cherchent avant tout à ce que les personnes ayant subi des dommages corporels ou matériels lors d'un accident nucléaire survenu dans une installation ou lors du transport de substances nucléaires reçoivent une indemnisation suffisante et équitable. En 2004, certains pays membres de l'AEN ont adopté les Protocoles portant modification de la Convention de Paris et de la Convention complémentaire de Bruxelles et continuent de travailler activement à leur transcription en droit national. D'autres pays membres s'interrogent sur les avantages à adhérer au Protocole d'amendement de 1997 de la Convention de Vienne, tandis que d'autres encore envisagent d'adhérer à la Convention de 1997 sur la réparation complémentaire des dommages nucléaires. Plusieurs pays sont en quête de solutions pour surmonter l'incapacité des exploitants de centrales nucléaires d'obtenir des assurances privées couvrant certains risques de responsabilité civile qu'ils sont juridiquement tenus d'assumer.

Les autres activités importantes ont consisté à examiner les répercussions sur les activités nucléaires de conventions internationales concernant d'autres sujets que l'énergie nucléaire, à vérifier que le transport de faibles quantités de substances nucléaires ne soit pas soumis à un régime de responsabilité et d'indemnisation inutilement contraignant, à identifier les facteurs juridiques et économiques susceptibles d'affecter les décisions en cas d'urgence nucléaire, à faciliter l'établissement et la mise en œuvre de programmes d'assistance en sûreté nucléaire avec les pays non membres et à aider certains d'entre eux à se doter d'une législation nucléaire reposant sur des principes reconnus à l'échelle internationale.