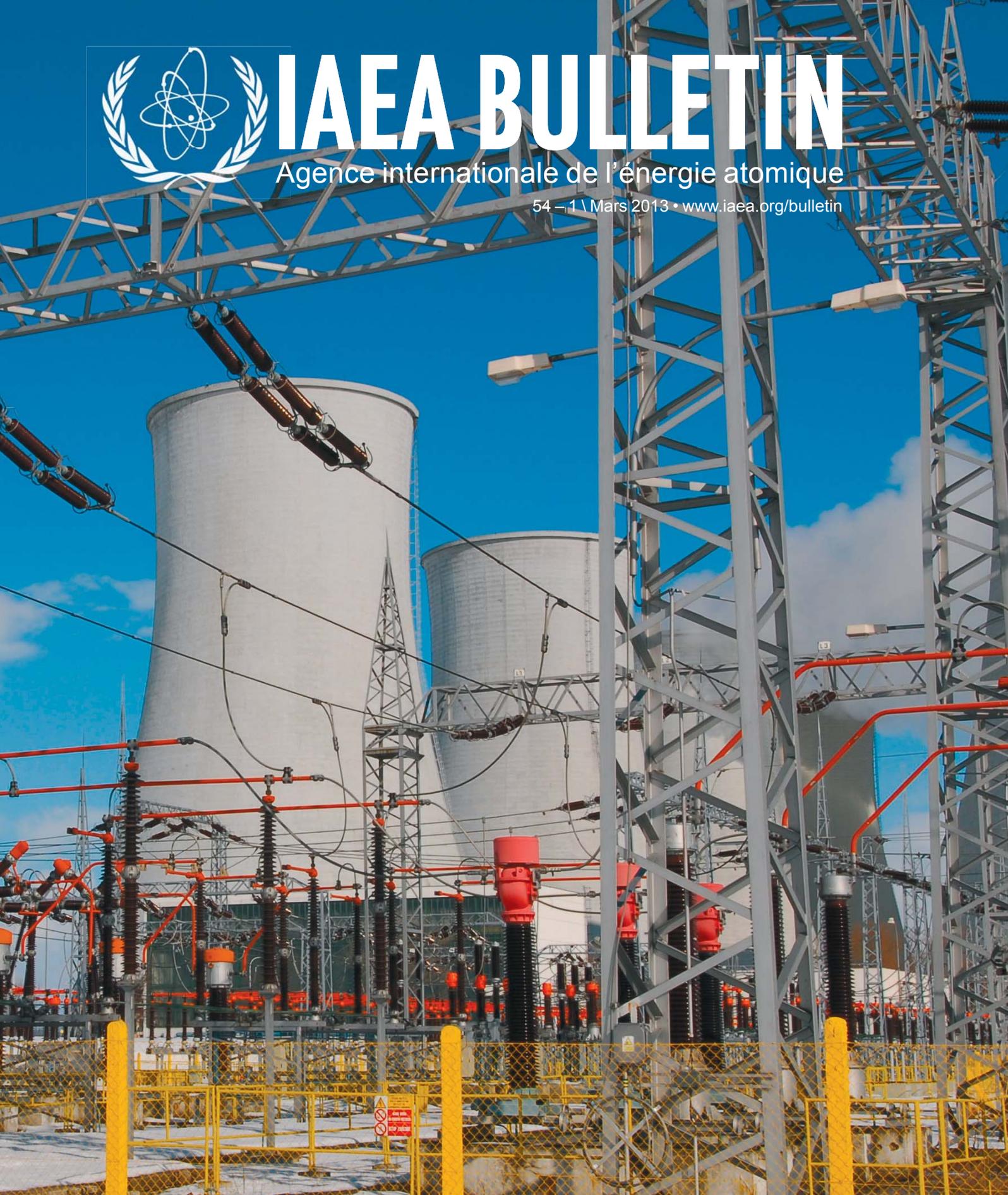




IAEA BULLETIN

Agence internationale de l'énergie atomique

54 – 1 \ Mars 2013 • www.iaea.org/bulletin



L'électronucléaire au XXI^e siècle



IAEA

L'Agence internationale de l'énergie atomique a pour mission de prévenir la dissémination des armes nucléaires et d'aider tous les pays – en particulier ceux du monde en développement – à tirer parti de l'utilisation pacifique, sûre et sécurisée de la science et de la technologie nucléaires.

Créée en tant qu'organisme autonome des Nations Unies en 1957, l'AIEA est la seule organisation du système de l'ONU ayant les compétences requises dans le domaine des technologies nucléaires. Ses laboratoires spécialisés uniques aident à transférer des connaissances et des compétences aux États Membres de l'AIEA dans des domaines comme la santé humaine, l'alimentation, l'eau et l'environnement.

L'AIEA sert aussi de plateforme mondiale pour le renforcement de la sécurité nucléaire et œuvre en outre pour réduire au minimum le risque que des matières nucléaires et d'autres matières radioactives tombent aux mains de terroristes, ou que des actes malveillants soient perpétrés contre des installations nucléaires.

Les normes de sûreté de l'AIEA fournissent un système de principes fondamentaux de sûreté et sont l'expression d'un consensus international sur ce qui constitue un degré élevé de sûreté pour la protection des personnes et de l'environnement contre les effets néfastes des rayonnements ionisants. Elles ont été élaborées pour tous les types d'installations et d'activités nucléaires destinées à des fins pacifiques ainsi que pour les mesures de protection visant à réduire les risques radiologiques existants.

En outre, l'AIEA vérifie, au moyen de son système d'inspections, que les États respectent leurs engagements, conformément au Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires et à d'autres accords de non-prolifération, de n'utiliser les matières et installations nucléaires qu'à des fins pacifiques. Son travail est multiple et fait intervenir un large éventail de partenaires au niveau national, régional et international. Ses programmes et ses budgets sont établis sur la base des décisions de ses organes directeurs – le Conseil des gouverneurs, qui compte 35 membres, et la Conférence générale, qui réunit tous les États Membres.

Le Siège de l'AIEA est au Centre international de Vienne, et elle a des bureaux extérieurs et des bureaux de liaison à Genève, New York, Tokyo et Toronto. L'AIEA administre des laboratoires scientifiques à Monaco, Seibersdorf et Vienne, et contribue financièrement entre autres au fonctionnement du Centre international Abdus Salam de physique théorique à Trieste (Italie).



Table des matières

IAEA Bulletin 54-1 \ Mars 2013

- L'électronucléaire au XXI^e siècle 2
- Électronucléaire, économie de l'énergie et sécurité énergétique 3
- Énergie et développement durable 4
- Rôle de l'énergie nucléaire dans l'atténuation du changement climatique et de la pollution atmosphérique 5
- L'électronucléaire aujourd'hui et demain 7
- Appui aux nouveaux programmes électronucléaires 8
- Solutions pour la gestion des déchets 10
- Électronucléaire : comment gagner la confiance du public 12
- Former le personnel du nucléaire de demain 13
- La sûreté nucléaire par la coopération internationale 14
- L'innovation pour la durabilité du nucléaire 15
- Statistiques clés 16



Le Bulletin de l'AIEA

est produit par la Division de l'information
Agence internationale de l'énergie atomique

B.P. 100, A-1400 Vienne (Autriche)

Tél. : +43 1 2600-21270

Fax : 43 1 2600-29610

IAEBulletin@iaea.org

Division de l'information

Directeur : Serge Gas

Rédacteur en chef : Peter Kaiser

Conception et production : Ritu Kenn

Le Bulletin de l'AIEA est disponible

- › comme [application pour iPad](#)
- › en ligne à l'adresse www.iaea.org/bulletin
- › dans les archives à l'adresse www.iaea.org/bulletinarchive

Des extraits des articles du Bulletin peuvent être utilisés librement à condition que la source en soit mentionnée. Lorsqu'il est indiqué que l'auteur n'est pas fonctionnaire de l'AIEA, l'autorisation de reproduction, sauf à des fins de recension, doit être sollicitée auprès de l'auteur ou de l'organisation d'origine.

Les opinions exprimées dans le Bulletin ne représentent pas nécessairement celles de l'Agence internationale de l'énergie atomique, et l'AIEA décline toute responsabilité à cet égard.

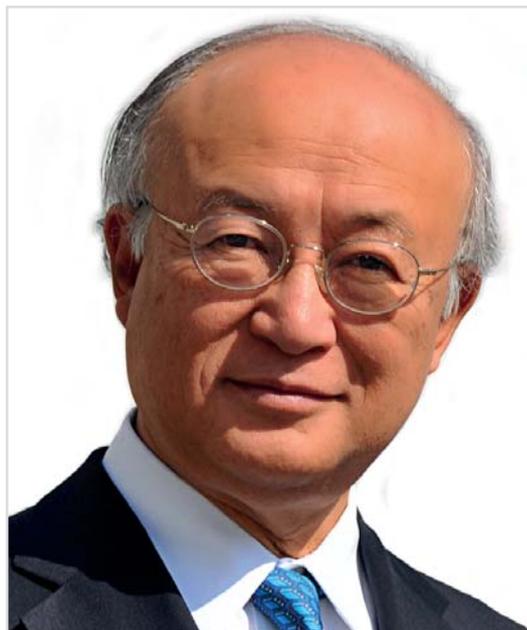
Photo de couverture :

La centrale de Bohunice, un complexe de réacteurs nucléaires près du village de Jaslovské Bohunice (Slovaquie).
(JAVYS)

Imprimé à Vienne (Autriche).

L'ÉLECTRONUCLÉAIRE AU XXI^E SIÈCLE

L'Agence internationale de l'énergie Atomique aide ses États Membres à utiliser la technologie nucléaire pour une vaste gamme d'applications pacifiques, dont l'une des plus importantes est la production d'électricité.



Sans l'électronucléaire, le monde atteindra difficilement le double objectif d'approvisionnement énergétique durable et de réduction des gaz à effet de serre.

L'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi (Japon) en mars 2011 a suscité des inquiétudes sur la sûreté nucléaire dans le monde et soulevé des questions sur le futur de l'électronucléaire.

Deux ans après, il apparaît clairement que l'utilisation de l'électronucléaire continuera d'augmenter dans les prochaines décennies, même si la croissance sera plus faible que prévu avant l'accident. De nombreux pays ayant un programme électronucléaire prévoient de le développer. Nombre de pays développés et en développement n'ayant pas de programme électronucléaire prévoient d'en entreprendre un.

Cet intérêt croissant s'explique notamment par l'augmentation de la demande mondiale en énergie mais aussi par les préoccupations liées au changement climatique, aux

prix instables des combustibles fossiles et à la sécurité des approvisionnements énergétiques. Sans l'électronucléaire, le monde atteindra difficilement le double objectif d'approvisionnement énergétique durable et de réduction des gaz à effet de serre.

L'AIEA aide les pays qui font le choix de l'électronucléaire à l'utiliser en toute sûreté et sécurité.

Les pays qui ont décidé d'abandonner progressivement l'électronucléaire auront à traiter de questions telles que le déclassement de centrales, la remédiation et la gestion des déchets pendant les décennies à venir. L'AIEA apporte également son aide dans ces domaines.

Je remercie la Fédération de Russie d'accueillir la Conférence ministérielle internationale sur l'électronucléaire au XXI^e siècle (2013), qui aura lieu à Saint-Pétersbourg au mois de juin. Cette conférence, qui vient fort à propos, sera une occasion précieuse de faire le bilan de l'électronucléaire après l'accident de Fukushima Daiichi.

Un haut niveau de confiance du public dans la sûreté de l'électronucléaire est essentiel pour l'avenir du secteur. Un travail précieux a été accompli ces deux dernières années pour améliorer la sûreté. Cependant, il reste beaucoup à faire. Il est vital que cette dynamique soit maintenue et que tout soit fait pour que l'électronucléaire soit aussi sûr qu'il est humainement possible.

Le présent numéro du Bulletin de l'AIEA donne un aperçu des nombreuses questions qui seront traitées à la conférence de Saint-Pétersbourg. Parmi elles figurent la sûreté nucléaire, le rôle de l'électronucléaire dans le développement durable, l'innovation technologique, et les établissements et infrastructures nucléaires.

Je souhaite aux participants à la conférence une discussion fructueuse.

Yukiya Amano, Directeur général de l'AIEA

ÉLECTRONUCLÉAIRE, ÉCONOMIE DE L'ÉNERGIE ET SÉCURITÉ ÉNERGÉTIQUE

Le développement économique nécessite une alimentation en électricité fiable, abordable et suffisante pour répondre aux besoins énergétiques minimums au plan local, régional ou national. Cette recette du développement économique semble simple, mais il faut analyser et concilier un certain nombre de considérations technologiques et financières ainsi que dans les domaines de l'infrastructure et du développement pour élaborer une stratégie énergétique nationale. Ce qui complique la tâche, c'est que l'histoire montre qu'on ne peut considérer comme acquis ni garanti qu'on pourra disposer d'énergie au prix et dans les quantités souhaités. L'économie de l'énergie et la sécurité énergétique déterminent les options des nations qui s'emploient à établir une stratégie énergétique durable.

Économie de l'énergie

La construction d'un réacteur de puissance coûte relativement cher, mais son exploitation est relativement bon marché. C'est un bon investissement dans certaines situations, mais pas dans d'autres. Le réacteur de puissance est plus attrayant dans les conditions suivantes : la demande augmente rapidement ou les autres options sont rares ou chères ; la sécurité énergétique et la réduction de la pollution de l'air et des gaz à effets de serre sont des priorités ; le financement est disponible et peut attendre pour des rendements à plus long terme (ce qui est plus caractéristique du secteur public que du secteur privé) ; et les risques financiers sont plus faibles parce que la demande et les prix de l'électricité sont plus prévisibles, les structures du marché plus stables et l'appui politique solide et consensuel. Ces caractéristiques d'environnements d'investissement favorables sont réunies pour les 68 réacteurs de puissance actuellement en construction dans le monde. Trente-huit d'entre eux se trouvent en Extrême-Orient (29 pour la seule Chine), 15 en Europe orientale, 10 au Moyen Orient et en Asie du Sud, deux en Amérique latine, autant en Europe occidentale et un en Amérique du Nord.

L'uranium servant à faire tourner les réacteurs de puissance existe en abondance dans le monde. Aux prix et aux rythmes de consommation actuels, les ressources classiques actuelles d'uranium dureront environ 80 ans. Cela soutient avantageusement la comparaison avec les 30-50 ans prévus pour les réserves d'autres produits de base comme le cuivre, le zinc, le pétrole et le gaz naturel. Avec le retraitement, le recyclage et l'utilisation de surgénérateurs à neutrons rapides, la longévité des ressources actuelles déterminées pourrait être multipliée par plus de 60 et atteindre des milliers d'années.

Sécurité énergétique

Une autre considération extrêmement importante, en plus de celles du prix et de la base de ressources, est la sécurité énergétique. Le meilleur moyen de renforcer la sécurité énergétique d'un pays est d'augmenter la diversité et la résilience des options d'approvisionnement en énergie. Pour de nombreux pays, le développement de l'électronucléaire peut permettre de diversifier l'offre d'électricité. L'électronucléaire a deux caractéristiques qui, d'une manière générale, augmentent encore la résilience. Premièrement, les coûts de la production d'électricité sont moins sensibles aux fluctuations des prix des combustibles que ceux de l'électricité produite grâce aux combustibles fossiles. Deuxièmement, le combustible de base, l'uranium, est disponible dans plusieurs pays producteurs, et les quantités nécessaires sont faibles, ce qui facilite la constitution de réserves stratégiques. Dans la pratique, la tendance se caractérise par l'abandon progressif des stocks stratégiques au profit d'une sécurité de l'approvisionnement basée sur un marché efficace et diversifié pour l'uranium et les services d'approvisionnement en combustible. Toutefois, pour les pays qui jugent important d'établir des stocks stratégiques, cette option reste disponible à un coût relativement faible.

Choix énergétiques

Les pays sont différents les uns des autres. Le bouquet énergétique approprié pour un pays dépendra du rythme d'accroissement de sa demande d'énergie, de la disponibilité d'autres sources comme l'énergie hydraulique ou le gaz de schiste, de ses options financières, ainsi que de ses préférences et de ses priorités nationales telles qu'énoncées dans ses politiques nationales. La manière dont les pays concilient les diverses considérations telles que les risques d'accidents, le faible coût de l'électricité, l'atténuation du changement climatique, la pollution de l'air, l'emploi, la dépendance vis à vis des importations d'énergie est une question de préférence nationale, et doit donc être décidée par les États Membres de l'Agence eux-mêmes.

« Qui plus est », note Alan McDonald, expert en planification énergétique de l'AIEA, « tous les pays utilisent plusieurs sources d'énergie et produisent de l'électricité à partir d'un ensemble de technologies. » Cette diversité, explique M. McDonald, est due en partie au développement historique dans la mesure où les nouvelles technologies cohabitent avec les anciennes, en partie au fait que les points de vue des investisseurs divergent sur celles qui seront plus rentables et qu'une combinaison de sources d'énergie réduit les risques et la vulnérabilité et, lorsque la demande d'électricité augmente particulièrement vite, comme en Chine, elle s'explique aussi en partie tout simplement par la volonté de suivre l'évolution de la demande en utilisant toutes les options possibles.

ÉNERGIE ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

Sur les huit objectifs du Millénaire pour le développement (OMD) adoptés par les Nations Unies en 2000, aucun ne vise directement l'énergie ; en revanche, pour la quasi-totalité d'entre eux – qu'il s'agisse d'éliminer la pauvreté et la faim, d'assurer une éducation pour tous ou d'améliorer la santé – progrès rime avec accessibilité accrue à l'énergie moderne. Treize ans plus tard, l'énergie bénéficie d'une attention plus soutenue. La date butoir pour la réalisation des OMD a été fixée à 2015. En 2012, l'ONU, désireuse d'orienter l'appui au développement durable après 2015, a entamé des discussions en vue de la mise en place d'objectifs en la matière. Le document final adopté lors de la Conférence des Nations Unies sur le développement durable de 2012 (également connue sous le nom de Rio+20), intitulé *L'avenir que nous voulons*, place l'énergie au centre des priorités : « Nous savons que l'énergie joue un rôle capital dans le développement étant donné que l'accès à des services énergétiques modernes et durables aide à lutter contre la pauvreté, à sauver des vies, à améliorer la santé et à subvenir aux besoins fondamentaux de l'être humain ».

Le nucléaire est en avance sur d'autres technologies énergétiques lorsqu'il s'agit « d'internaliser » l'ensemble des coûts externes, de la sûreté au stockage définitif en passant par le déclassement.

Dans un rapport publié en 1987 et intitulé *Notre avenir à tous*, la Commission Brundtland* définit le développement durable comme un « développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs », et cette définition fondatrice reste applicable à ce jour.

Le rôle du nucléaire dans le développement durable a fait l'objet de discussions approfondies lors de la neuvième session de la Commission des Nations Unies sur le développement durable en 2001. Si les pays avaient des vues différentes s'agissant du rôle de cette source d'énergie dans la mise en place de stratégies de développement durable, ils s'accordaient à dire que le choix de l'énergie nucléaire leur incombait.

Ceux qui considèrent que le nucléaire n'est pas compatible avec le développement durable mettent en exergue les risques d'accident nucléaire et l'absence à ce jour de site de stockage définitif pour les déchets nucléaires de haute activité.

Ceux qui, au contraire, estiment que cette source d'énergie fait partie intégrante du développement durable rétorquent que la définition qu'a donnée la Commission Brundtland du développement durable insiste sur la mise en valeur des ressources et la diversification des options – elle ne les exclut pas. Le nucléaire élargit la

palette des ressources en permettant d'utiliser l'uranium à des fins de production. Il réduit les émissions nocives et accroît l'approvisionnement en électricité. Il développe le capital technologique et humain. Enfin, il est en avance sur d'autres technologies énergétiques lorsqu'il s'agit « d'internaliser » l'ensemble des coûts externes, de la sûreté au stockage définitif en passant par le déclassement. « Internaliser » les coûts signifie inclure pour l'essentiel ceux de toutes ces activités dans le prix de l'électricité d'origine nucléaire payé par l'utilisateur. Ainsi, si les coûts environnementaux consécutifs à l'utilisation de combustibles fossiles étaient « internalisés », ils provoqueraient une augmentation importante du prix de l'électricité produite par ce biais.

Les gouvernements doivent prendre en considération les avantages relatifs des différentes solutions et un débat public doit être engagé sur ce sujet.

La première tâche qu'on attribue souvent au développement durable est de fournir de l'énergie, principalement de l'électricité, à un cinquième de la population mondiale, qui en est démunie. « Pour les populations pauvres vivant en milieu rural, les efforts se concentrent sur une utilisation optimale des technologies d'énergie renouvelable opérationnelles dans les zones reculées, non connectées au réseau électrique », nous dit Alan McDonald, expert de l'AIEA en planification énergétique. « Pour répondre aux besoins des personnes démunies vivant en milieu urbain et des mégapoles en expansion, la solution proposée doit viser une production importante et centralisée d'électricité, afin de répondre à une demande qui est elle aussi importante et centralisée. Les centrales nucléaires contribuent à la satisfaire cette demande en fournissant de manière constante de grandes quantités d'électricité. De plus, à mesure que les pays développent leur réseau électrique afin de connecter ceux qui ne le sont pas et d'étendre l'accès à l'électricité, les bénéfices d'une production constante et en grande quantité d'électricité se multiplieront », conclut M. McDonald.

*La Commission mondiale sur l'environnement et le développement, créée en vertu de la résolution 38/161 de l'Assemblée générale des Nations Unies en 1983, était chargée de proposer des stratégies environnementales à long terme permettant un développement durable. Le Secrétaire général des Nations Unies, M. Perez de Cuellar, avait demandé au Premier ministre norvégien de l'époque, Gro Harlem Brundtland, de présider cette commission, souvent appelée « Commission Brundtland ».

RÔLE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DANS L'ATTÉNUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Selon l'OMS, la pollution atmosphérique cause plus d'un million de décès prématurés dans le monde chaque année et contribue en outre à des troubles de la santé tels qu'infections respiratoires, maladies cardiaques et cancer du poumon.

(Photo: istockphoto.com/ ranplett)



Les experts du domaine de l'énergie prévoient une hausse spectaculaire de la demande en énergie au XXI^e siècle, en particulier dans les pays en développement, où plus d'un milliard de personnes n'ont aujourd'hui pas accès aux services énergétiques modernes. Pour répondre à la demande énergétique mondiale, l'approvisionnement en énergie primaire devra progresser de 75 % d'ici à 2050. Si aucune mesure n'est prise pour réduire les émissions de CO₂ liées à l'énergie, celles-ci auront presque doublé d'ici là. Les niveaux croissants de ce gaz à effet de serre dans l'atmosphère pourraient se traduire par une élévation de la température mondiale moyenne de 3°C ou plus par rapport aux niveaux préindustriels, ce qui risque de déclencher une perturbation anthropique dangereuse du système climatique, que la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques a pour objectif d'éviter.

Les gaz à effet de serre et leurs conséquences

D'après les conclusions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), un réchauffement climatique de plus de 3°C aura de plus en plus d'impacts négatifs dans toutes les régions du monde.

Dans les régions de latitude moyenne et les régions de basse latitude semi-arides, la réduction de la disponibilité de l'eau et la progression de la sécheresse exposeront des centaines de millions de personnes à un stress hydrique accru.

En agriculture, la productivité céréalière devrait diminuer dans les régions de basse latitude. La hausse de la productivité dans les régions de moyenne et de haute latitude compensera cette perte en partie seulement. Jusqu'à 30 % de l'ensemble des espèces terrestres courent un plus grand risque d'extinction.

L'acidification des océans sera une conséquence de l'augmentation des émissions de carbone. Avec le blanchissement des coraux lié aux températures, elle devrait réduire la capacité des crustacés et mollusques de se développer, mettant ainsi en péril un maillon essentiel de la chaîne alimentaire marine. Dans les régions côtières, inondations et tempêtes seront toujours plus dévastatrices.

En outre, la santé humaine sera de plus en plus menacée, en particulier dans les pays moins avancés, par la malnutrition et par les maladies diarrhéiques, cardiorespiratoires et infectieuses. On prévoit une hausse de la morbidité et de la mortalité dues à des vagues de chaleur, des inondations et des sécheresses.

L'impact de la pollution atmosphérique

Selon l'estimation de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), la pollution atmosphérique cause plus d'un million de décès prématurés dans le monde chaque année*. Elle contribue en outre à des troubles de la santé tels qu'infections respiratoires, maladies cardiaques et cancer du poumon. À l'échelle régionale, les polluants atmosphériques parcourant de longues distances provoquent des pluies acides. Ces dernières perturbent les écosystèmes et nuisent ainsi à la pêche continentale, à la végétation naturelle et aux cultures. L'acidification des écosystèmes forestiers peut conduire à la dégradation et au dépérissement des forêts. Les pluies acides détériorent aussi certains matériaux de construction ainsi que les monuments historiques et culturels. Leur formation est due à l'émission de composés soufrés et azotés. Les centrales à combustible fossile, en particulier les centrales au charbon, sont les principales émettrices des précurseurs de ces composés.

Dans l'ensemble, la quantité des émissions évitée avec l'électronucléaire est comparable à la quantité évitée avec l'hydroélectricité.

Les défis de la réduction des émissions de gaz à effet de serre

Le consensus scientifique est que, pour éviter les impacts négatifs du changement climatique sur les systèmes écologiques et socio-économiques, il faut que les émissions de gaz à effet de serre n'augmentent plus après 2020, puis qu'elles chutent de 50 à 85 % par rapport aux niveaux actuels d'ici à 2050. Le monde a donc un immense défi à relever au cours des prochaines décennies.

Le Groupe de travail III du GIEC et le rapport de synthèse du « Congrès scientifique international sur le changement climatique : risques, défis et décisions au niveau mondial », tenu à Copenhague en 2009, font observer que de nombreuses technologies et pratiques d'atténuation pouvant réduire les émissions de gaz à effet de serre sont déjà disponibles sur le marché. D'après le GIEC, des solutions et processus techniques pourraient réduire l'intensité énergétique dans tous les secteurs économiques et assurer la même production ou les mêmes services avec moins d'émissions. L'électronucléaire est une des options d'atténuation disponible aujourd'hui.

Ces cinquante dernières années, la production d'électricité au moyen de l'énergie nucléaire a permis d'éviter l'émission d'importantes quantités de gaz à effet de serre dans le monde. Dans l'ensemble, la quantité des émissions évitée avec l'électronucléaire est comparable à la quantité évitée avec l'hydroélectricité. Cette dernière figure parmi les plus faibles émettrices de CO₂, avec l'électricité d'origine nucléaire et l'électricité d'origine éolienne, si l'on considère les émissions sur l'ensemble du cycle de vie énergétique.

Dans le futur, les émissions de gaz à effet de serre résultant des technologies nucléaires seront encore plus faibles grâce aux avancées de la technologie d'enrichissement de l'uranium, qui requerra bien moins d'électricité, au prolongement de la durée de vie des centrales nucléaires (qui permet une réduction des émissions par kilowattheure associées à la construction), et au taux de combustion accru du combustible (qui permet une réduction des émissions par kilowattheure associées à l'extraction d'uranium et à la fabrication de combustible).

Le GIEC a calculé le potentiel d'atténuation imputable à diverses technologies de production d'électricité et il a établi que l'électronucléaire arrivait en tête, avec le coût moyen le plus faible dans le secteur de l'approvisionnement énergétique, en particulier pour ce qui est de la production d'électricité. L'électronucléaire peut continuer à l'avenir à jouer un rôle important dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre tout en répondant aux besoins énergétiques mondiaux.

Atténuation de la pollution atmosphérique au moyen de l'électronucléaire

Les centrales nucléaires n'émettent quasiment aucun polluant atmosphérique lors de leur fonctionnement. En revanche, les centrales à combustibles fossiles contribuent fortement à la pollution atmosphérique. Selon l'OMS, on peut obtenir une baisse importante de l'exposition à la pollution de l'air en abaissant les concentrations de plusieurs polluants les plus courants émis en brûlant les combustibles fossiles.

*Santé et qualité de l'air, Aide-mémoire N°313, septembre 2011, www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/.

L'ÉLECTRONUCLÉAIRE AUJOURD'HUI ET DEMAIN

Avec 437 centrales nucléaires en exploitation et 68 nouveaux réacteurs en construction dans le monde, la capacité mondiale de production électronucléaire a atteint 372,5 GWe à la fin de 2012. Malgré le scepticisme et, dans certains cas, la peur du public, faisant suite à l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima Daiichi de mars 2011, deux ans après, la demande d'énergie d'origine nucléaire continue d'augmenter régulièrement, même si son rythme s'est ralenti.

De nombreux pays poursuivent leurs plans de mise en œuvre ou de développement de leurs programmes électronucléaires car les facteurs qui poussaient vers l'électronucléaire avant Fukushima n'ont pas changé. Ces facteurs sont notamment le changement climatique, l'offre limitée de combustibles fossiles, et les préoccupations concernant la sécurité énergétique.

L'électronucléaire semble appelé à continuer de se développer durablement dans le monde, bien que plus lentement que prévu avant l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi. Les dernières projections de l'AIEA montrent que le nombre de centrales nucléaires dans le monde augmentera régulièrement au cours des 20 prochaines années. Elles prévoient une hausse de la capacité électronucléaire de 23 % d'ici à 2030 dans la projection basse et de 100 % dans la projection haute. Les nouveaux réacteurs de puissance prévus ou en construction sont essentiellement concentrés en Asie.

Sept centrales nucléaires ont été mises en chantier en 2012 : Fuqing 4, Shidaowan 1, Tianwan 3 et Yangjiang 4 en Chine ; Shin Ulchin 1 en République de Corée ; Baltiisk 1 en Fédération de Russie ; et Barakah 1 aux Émirats arabes unis. Cet accroissement par rapport aux chiffres de l'année précédente montre l'intérêt et l'enthousiasme que suscite actuellement l'électronucléaire ainsi que sa résilience.

Les pays exigent des vendeurs des modèles nouveaux, innovants de réacteurs pour se conformer à des prescriptions strictes en ce qui concerne la sûreté, la capacité du réseau national, la taille et le temps de construction, ce qui indique que l'électronucléaire est appelé à continuer de se développer au cours des prochaines décennies.

Sûreté

Une telle croissance du secteur doit évidemment s'accompagner d'un renforcement de la sûreté. L'accident nucléaire de Fukushima Daiichi a été décrit comme un signal d'alarme pour tous les acteurs du secteur de l'électronucléaire. D'après le Directeur général de l'AIEA, Yukiya Amano, cet accident nous a rappelé qu'on ne pouvait jamais prendre la sûreté comme un fait acquis, même dans les pays industriels avancés ayant une vaste expérience de l'utilisation de l'énergie nucléaire.

Des enseignements importants ont été tirés, même si on pourrait encore en tirer d'autres. Nous avons pu assimiler rapidement les enseignements de cet accident dans le domaine de la sûreté et aider les États Membres à les appliquer dans les réacteurs en exploitation dans le monde. Les réacteurs nucléaires sont devenus plus sûrs qu'ils ne l'étaient avant l'accident, comme dans de nombreux autres secteurs. En fait, le régime international de sûreté nucléaire est devenu beaucoup plus solide depuis l'accident de Tchernobyl en 1986. Aujourd'hui, de nombreux mécanismes internationaux juridiquement contraignants ont été mis en vigueur, comme la Convention sur la sûreté nucléaire et la Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs, qui aident à former un réseau de soutiens autour des États Membres de l'AIEA et poussent l'industrie nucléaire mondiale à améliorer continuellement la sûreté nucléaire.



Planification en vue de l'électronucléaire

Étant donné que de nombreux pays, appelés les « primo-accédants », continuent d'envisager d'introduire l'électronucléaire dans leur bouquet énergétique, l'AIEA offre un certain nombre de services pour les aider à évaluer leur niveau de préparation et à prendre des décisions en connaissance de cause. Ces services vont de l'assistance aux États Membres dans la création de capacités de planification énergétique, en toute indépendance vis-à-vis des groupes d'intérêt dans le domaine électronucléaire, à l'appui à la planification à long terme dans le domaine de l'énergie nucléaire, en passant par le développement de l'infrastructure nationale, y compris pour la gestion des déchets radioactifs et le déclassement.

Tout au long des différents stades du développement des programmes électronucléaires des États Membres, nous fournissons des services intégrés pour les aider à utiliser l'énergie nucléaire de manière sûre, sécurisée, responsable et fiable.

Alexander Bychkov, Directeur général adjoint de l'AIEA et chef du Département de l'énergie nucléaire.

APPUI AUX NOUVEAUX PROGRAMMES ÉLECTRONUCLÉAIRES

La décision d'introduire l'électronucléaire est l'un des choix de politique générale les plus lourds de conséquences qu'un gouvernement puisse faire. C'est une décision complexe. Un programme électronucléaire représente un engagement d'au moins un siècle, de la planification à la construction, à l'exploitation, à la gestion des déchets et finalement au déclassement. « C'est une technologie complexe qui exige une planification complexe ; pourtant les pays qui envisagent maintenant de lancer un programme électronucléaire peuvent compter sur l'expérience que plus de 30 pays exploitants ont cumulée au cours des 50 dernières années, et sur l'appui systématique fourni par l'AIEA », déclare Anne Starz, chef du Groupe de l'infrastructure nucléaire intégrée de l'AIEA.

Le passage de « primo-accédant » à exploitant requiert jusqu'à deux décennies d'activités de planification,

L'AIEA donne des orientations rationnelles et structurées pour l'introduction de l'électronucléaire dans le cadre de l'« approche par étape ».

d'autorisation et de construction avant que la centrale ne fournisse de l'électricité. Il y a 30 ans, un pays construisant sa première centrale nucléaire ne bénéficiait pas du réseau de soutien bilatéral et international auquel les primo-accédants peuvent faire appel aujourd'hui. Des connaissances spécialisées sont disponibles par le biais d'une coopération bilatérale ou internationale pour aider les primo-accédants à établir l'infrastructure juridique, réglementaire et humaine nécessaire. En outre, ils bénéficient du savoir-faire acquis au long de trois décennies d'exams par des pairs de la sûreté nucléaire, et de l'expertise en matière de mise en valeur des ressources humaines, d'élaboration de systèmes de gestion, de planification énergétique, d'études de faisabilité, de choix des sites, d'évaluation technologique, de maîtrise des risques financiers et de gestion des déchets.

« Il n'y a pas de raccourci », explique M^{me} Starz. « Les primo-accédants ont davantage à apprendre que leurs prédécesseurs n'ont eu à maîtriser il y a 30 ans ; pourtant nous constatons que, comme ils commencent au tout début, de nombreux enseignements ont été assimilés et des erreurs onéreuses peuvent être évitées. Ils ne sont pas seuls dans cette entreprise, comme ils auraient pu l'être il

ya des années, quand les pays pionniers exploraient cette technologie. »

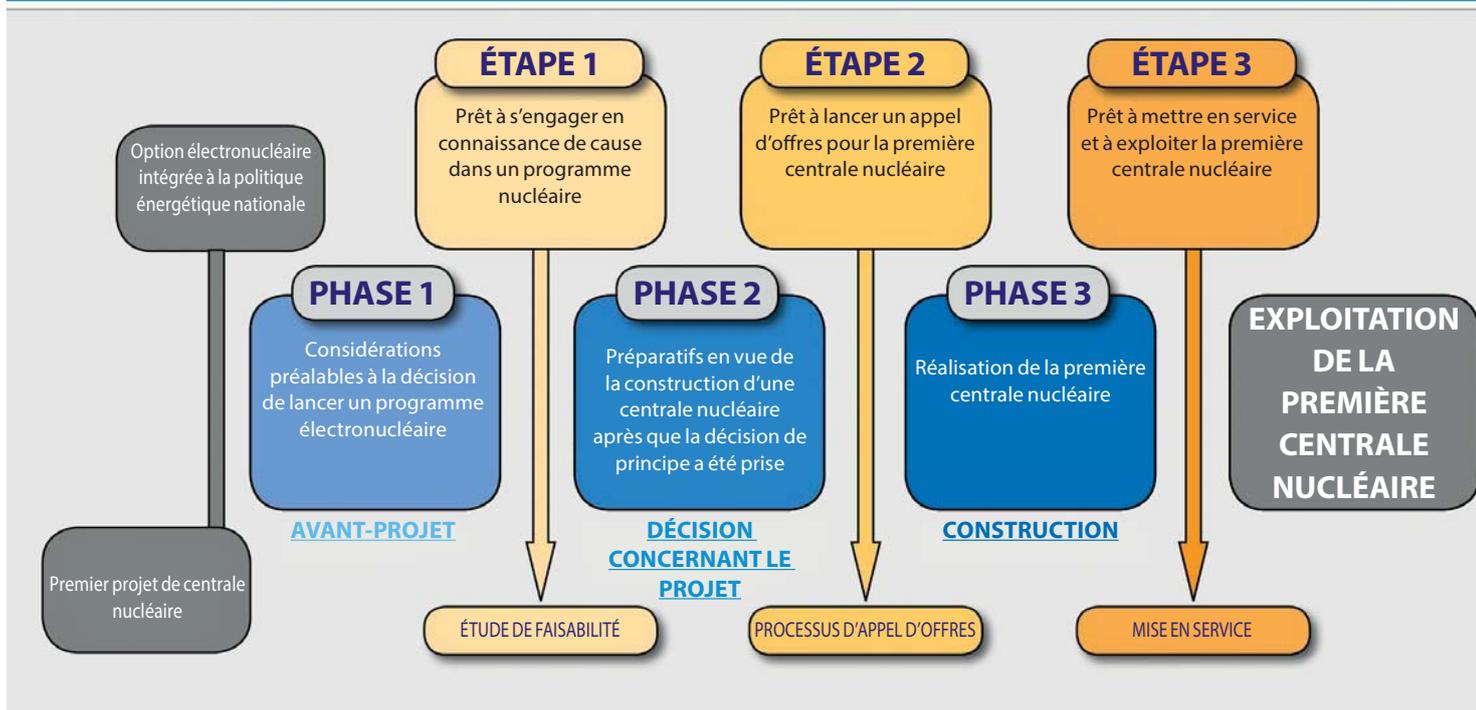
Les États Membres de l'AIEA qui s'emploient activement à introduire l'électronucléaire et ceux qui envisagent de prendre une décision dans ce sens sont confrontés à plusieurs défis semblables. Ils doivent trouver un moyen de garantir un appui ferme à un projet qui ne commencera à être rentable que plusieurs années après que la décision d'introduire l'électronucléaire aura été prise. « Un pays a beaucoup plus de chances de pouvoir appliquer une politique d'introduction de l'électronucléaire si tous les principaux acteurs gouvernementaux et parties prenantes sont au même diapason s'agissant de leur engagement en faveur du projet. C'est l'un des principaux objectifs que l'on vise en faisant participer systématiquement les parties prenantes », dit M^{me} Starz.

Pour de nombreux pays en développement, l'investissement financier relativement important que représente la construction d'un réacteur peut être l'un des principaux obstacles. L'AIEA aide les pays à trouver des moyens de maîtriser les risques financiers.

Un autre problème qui se présente au début de la planification est celui de la nécessité de disposer d'un personnel expérimenté dans le domaine nucléaire, qui n'existe probablement pas quand la décision d'introduire le nucléaire est prise. M^{me} Starz explique que la formation de personnel est un problème classique « de poule et d'œuf » : « Comment un pays peut-il former du personnel à exploiter en toute sûreté une centrale nucléaire s'il n'a pas de centrale ? De même, les pays doivent savoir comment employer du personnel expérimenté si la centrale nucléaire n'est pas encore opérationnelle. » La réponse se trouve dans la planification des effectifs et la mise en valeur des ressources humaines, deux domaines dans lesquels l'AIEA fournit aussi un appui.

Un autre enjeu, la gestion des déchets, doit être expliqué par l'information active des parties prenantes et du public. « Planifier la gestion des déchets, c'est comme décider comment et quand un avion atterrira avant qu'il ne décolle », explique M^{me} Starz. La sûreté nucléaire est un autre domaine extrêmement important qui est examiné de près par le public et les parties prenantes. Avec l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi, « la confiance du public dans l'électronucléaire a été ébranlée. Pourtant nous constatons que dans les pays qui s'emploient activement à introduire l'électronucléaire, de même que dans certains des pays qui ont un programme électronucléaire, l'opinion publique est changeante et est passée à une position favorable », ajoute M^{me} Starz.

PROGRAMME DE DÉVELOPPEMENT DE L'INFRASTRUCTURE NUCLÉAIRE



Depuis l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi en mars 2011, un État Membre de l'AIEA a commencé de construire sa première centrale nucléaire. C'est là un événement remarquable, car c'est la première fois en 27 ans qu'un primo-accédant commence la construction d'une première centrale. Deux autres pays ont commandé leurs premières centrales nucléaires et six autres ont décidé d'introduire l'électronucléaire et préparent activement l'infrastructure correspondante.

Tous les pays qui introduisent l'électronucléaire prendront des décisions importantes en matière d'infrastructure au cours des prochaines décennies. Ce processus de prise de décision fait intervenir bien plus que des considérations techniques, telles que le choix de la technologie de réacteur, le choix du site ou le développement de capacités. « L'AIEA donne des orientations rationnelles et structurées pour l'introduction de l'électronucléaire dans le cadre de l'« approche par étapes », qui met à la disposition des États Membres une méthodologie leur permettant de marquer les progrès pendant la planification et de démontrer leur engagement en faveur de la sûreté nucléaire et du contrôle des matières nucléaires. Elle souligne la nécessité d'un consensus sur une décision qui affectera de nombreuses générations », note M^{me} Starz.

Les orientations de l'AIEA à l'intention des primo-accédants ont été entièrement revues après l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi. Si l'approche par étapes reste valide, on met davantage l'accent sur le rôle

du futur propriétaire exploitant, qui est responsable au premier chef de la sûreté.

Les États Membres sollicitent de plus en plus un appui de l'AIEA pour passer en revue leurs infrastructures électronucléaires de manière systématique et intégrée. Aussi bien les exploitants expérimentés que les primo-accédants ont demandé à bénéficier d'examen par des pairs internationaux détaillés, organisés par l'AIEA pour évaluer l'introduction de l'électronucléaire ou l'expansion d'un programme existant. « Avec ces orientations concernant les étapes, l'AIEA a placé la barre plus haut pour les pays qui souhaitent prouver leurs progrès et, de ce fait, nous voyons que ces orientations sont appréciées aussi bien par les primo-accédants que par les exploitants expérimentés, car elles garantissent un programme électronucléaire plus sûr et plus durable », conclut M^{me} Starz.

SOLUTIONS POUR LA GESTION DES DÉCHETS

La Finlande a construit dans des formations rocheuses un vaste réseau de galeries souterraines conçu pour durer au moins 100 000 ans. Le dépôt de stockage définitif sera situé à Olkiluoto, à quelque 300 km au nord-ouest d'Helsinki. (Photo: Posiva, Finlande)



Pour que leur stockage définitif se déroule en toute sûreté et sécurité, les déchets de haute activité à longue période doivent être confinés pendant une période très longue, sans commune mesure avec notre expérience quotidienne. Les installations souterraines de stockage définitif doivent être conçues et construites dans des formations géologiques adaptées, dont nous pouvons être sûrs qu'elles contiendront et maintiendront les déchets dangereux hors de notre environnement pendant des centaines de milliers d'années.

Pendant cette période, où la sûreté d'un dépôt souterrain de déchets doit être assurée, la radioactivité des déchets décroît jusqu'à un niveau qui ne pose pas de danger pour les populations ou l'environnement. Il est possible de concevoir une si longue période grâce aux données archéologiques. Les changements climatiques, l'élévation et la disparition d'océans, et l'évolution des espèces sont des phénomènes qui s'étendent sur une centaine de millénaires. Les roches portent témoignage de tous ces changements. Les géologues en quête de sites de stockage à long terme sûrs pour les déchets de haute activité ont trouvé des formations rocheuses qui se sont révélées stables pendant des millions d'années. Ces formations, qui devraient le rester pendant autant de temps, pourraient accueillir des dépôts de déchets.

Les déchets ayant la plus haute activité comprennent le combustible nucléaire usé, lorsqu'il est déclaré comme

déchet, et les sous-produits des activités de retraitement du combustible. Ils doivent être soigneusement isolés de la biosphère. Les experts internationaux s'accordent à dire qu'il faudrait mettre à contribution les formations géologiques profondes pour les y stocker définitivement. Aujourd'hui, un certain nombre de pays étudient de telles options. Des installations de stockage géologique existent déjà en Allemagne et aux États-Unis pour les déchets de faible et moyenne activité.

D'autres sites, en Finlande, en France et en Suède sont actuellement aménagés pour le stockage définitif de déchets de haute activité et de combustible nucléaire usé, et les opérations de mise en place des déchets devraient commencer en 2020, sous réserve d'une approbation réglementaire.

Dans plusieurs pays, les scientifiques testent des techniques de stockage définitif et étudient les conditions géologiques dans des laboratoires souterrains spécialement construits pour s'assurer que les déchets stockés dans un dépôt resteront à l'écart des populations et de l'environnement pendant les 10 000 prochaines générations. Les experts de la sûreté évaluent généralement la sûreté d'un dépôt sur une période allant jusqu'à un million d'années, et parfois au-delà.

Les travaux de recherche effectués dans ces laboratoires souterrains ont montré la viabilité du stockage définitif

dans des formations de sel (Allemagne), de roche cristalline (Canada, Japon, Suisse et Suède), d'argile plastique (Belgique) et d'argilite (France et Suisse). La Russie prévoit de construire un laboratoire de recherche souterrain dans la région de Krasnoyarsk, en Sibérie centrale, à partir de 2015. La Chine planifie la construction d'un laboratoire de recherche souterrain, qui devrait entrer en service avant 2020.

En Belgique, le Site expérimental de dépôt pour les déchets de haute activité (HADES), implanté dans une formation argileuse à une profondeur de 220 mètres, est la principale installation de recherche expérimentale du pays sur le stockage géologique profond des déchets radioactifs.

La République tchèque recherche des solutions de dépôt géologique en vue de la mise en place de déchets de haute activité dans une formation granitique ou dans un milieu semblable, suivant les modèles de la Suède et de la Finlande.

En Finlande, les scientifiques ont entamé des travaux de recherche dans les années 70 pour l'implantation d'un site de stockage définitif de déchets. En décembre 2012, Posiva, l'entreprise finlandaise chargée du choix de l'emplacement et de la mise en place d'un dépôt de combustible usé, a déposé une demande de licence pour la construction de ce dépôt à Olkiluoto, à environ 300 km au nord-ouest d'Helsinki. La mise en place des déchets devrait commencer en 2020, sous réserve de la délivrance de la licence par l'organisme de réglementation.

Dans un laboratoire souterrain près de Bure, dans le nord-est de la France, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) teste la capacité des roches à contenir et à isoler des déchets de haute activité pendant plusieurs centaines de milliers d'années.

Au Japon, le projet de laboratoire de recherche souterrain de Mizunami permet d'étudier, d'analyser et d'évaluer le milieu géologique profond et de mettre au point des technologies à utiliser à grande profondeur. Un deuxième laboratoire situé à Horonobe, sur l'île d'Hokkaido, étudie les roches sédimentaires des milieux géologiques profonds.

En Suède, la Société de gestion du combustible et des déchets nucléaires (SKB) a sélectionné un site de stockage définitif près de Forsmark, sur la côte est de l'Uppland, et a soumis une demande de licence en mars 2011 pour la construction d'un dépôt de combustible usé, qui est actuellement examinée par les autorités de réglementation.



Une employée dans une galerie souterraine à Forsmark, village de la côte est de l'Uppland (Suède).

(Photo: SKB Suède)

La Suisse compte deux laboratoires de recherche souterrains - le site d'essais du Grimsel, dans les Alpes, et une deuxième installation de recherche à Mont Terri - qui permettent de tester de manière réaliste les conditions géologiques, le matériel et les options de stockage définitif des déchets de haute activité.

Les experts internationaux s'accordent à dire qu'il faudrait mettre à contribution les formations géologiques profondes pour stocker définitivement les déchets.

ÉLECTRONUCLÉAIRE : COMMENT GAGNER LA CONFIANCE DU PUBLIC

On le sait, la participation des parties prenantes est un élément essentiel à la réussite de tout programme électronucléaire. Ne pas parvenir à établir un réel dialogue avec des acteurs tels que les responsables politiques, les décideurs, les médias, les collectivités et le public de manière générale peut avoir des conséquences néfastes, nous dit Brenda Pagannone, spécialiste de la participation des parties prenantes à la Section du génie électronucléaire de l'AIEA. Si la confiance du public est ébranlée, des retards peuvent s'ensuivre, lesquels sont coûteux pour l'exploitant du programme, mais aussi le pays, et posent des problèmes aux populations qui ont besoin de cette source d'énergie.

Il s'agit plutôt d'aider la population à comprendre le raisonnement qui a conduit les autorités compétentes à prendre certaines décisions.

Les États Membres de l'AIEA sont de plus en plus nombreux à solliciter son assistance lorsqu'ils cherchent à mobiliser les parties prenantes. En réponse à ces demandes, l'AIEA organise des formations, élabore des lignes directrices afin d'assurer un partage des connaissances et des expériences, et examine également les stratégies de communication mises en place au niveau national. Dans toutes ces activités, elle encourage vivement les États Membres à associer les parties prenantes au projet, pendant tout le cycle de vie du programme électronucléaire. Même si chaque pays a ses propres interlocuteurs, qui ont des besoins et des préoccupations uniques, certains principes généraux s'appliquent.

« Jouer l'ouverture et la transparence, et savoir qu'associer les parties prenantes n'a pas toujours pour but d'obtenir l'adhésion totale du public », sont les principaux points relevés par M^{me} Pagannone. « Il s'agit plutôt d'aider la population à comprendre le raisonnement qui a conduit les autorités compétentes à prendre certaines décisions ».

L'AIEA recommande aussi aux pays d'entamer un dialogue avec les parties prenantes dès qu'un programme électronucléaire est à l'étude, en faisant preuve de responsabilité, en instaurant un climat de confiance et en s'adressant aux jeunes générations.

La complexité de la technologie nucléaire a parfois conduit les experts à sous-estimer l'importance de la communication. « Souvent, des experts nous disent, "Nous savons ce qu'il vous faut. Nous savons que c'est sûr.

Faites-nous confiance" », nous explique M^{me} Pagannone. « Aujourd'hui, les médias sont omniprésents, l'accès à l'information est très aisé et la crédibilité ne repose pas seulement sur les compétences, mais aussi sur l'aptitude à justifier une décision ».

Parvenir à traduire des informations complexes dans un langage compréhensible par le grand public fait partie intégrante du processus. L'industrie et les autorités nucléaires doivent entendre les préoccupations de leurs parties prenantes. « Il est important d'être à leur écoute, de faire preuve d'empathie envers leurs préoccupations. Et, autant que faire se peut, il convient d'y répondre », ajoute M^{me} Pagannone.

Toutes les organisations associées au projet devraient clarifier leur rôle dans le programme électronucléaire, ainsi que celui des parties prenantes. « Il est crucial de s'entendre immédiatement sur les attentes des parties prenantes, afin que celles-ci sachent quel impact elles pourront avoir sur le programme », note M^{me} Pagannone.

En premier lieu, il convient d'identifier les parties prenantes, y compris les groupes ayant de nettes réticences par rapport à l'énergie nucléaire. « Associer les parties prenantes signifie également être ouvert à l'autre, être prêt à relever le défi », conclut M^{me} Pagannone. « C'est en acceptant ce défi qu'on peut envisager de respecter les vues d'autrui ».

FORMER LE PERSONNEL DU NUCLÉAIRE DE DEMAIN

Former dès le plus jeune âge. Tel est le message que Brian Molloy, expert en ressources humaines de la Section du génie électronucléaire de l'AIEA, souhaite faire passer aux pays qui envisagent de lancer ou de développer un programme électronucléaire. Les activités mathématiques et scientifiques scolaires et parascolaires du secondaire, et même du primaire, sont essentielles aux futurs efforts de recrutement dans les centrales nucléaires, affirme-t-il. « Vous devez intéresser les enfants aux sciences, à la physique et à l'ingénierie. L'enseignement doit être assez solide pour qu'ils apprennent, mais il doit aussi éveiller leur intérêt ».

Le recrutement des ingénieurs de haut niveau indispensables à l'exploitation des centrales nucléaires est un défi grandissant, même pour les programmes électronucléaires existants, en raison d'une vague de départs à la retraite et de la hausse de la demande mondiale. Toutefois, aussi essentiels qu'ils soient, les ingénieurs ne représentent qu'une partie du personnel travaillant dans une centrale nucléaire. En réalité, la plupart des employés d'une centrale ne sont pas des diplômés de l'université mais des techniciens, électriciens, soudeurs, manœuvres, monteurs et autres travailleurs qualifiés de métiers semblables. M. Molloy pense qu'il faut mettre davantage l'accent sur cette partie du personnel. « Il s'agit de trouver un équilibre entre formation universitaire et formation professionnelle », indique-t-il, en ajoutant que les pays envisageant un programme électronucléaire commencent souvent par trop mettre l'accent sur les ingénieurs nucléaires.

La planification du futur personnel du nucléaire commence jusqu'à 10 ans avant qu'il soit nécessaire de procéder au recrutement de personnel formé. La formation théorique et pratique commence dès le début de la scolarisation, où le programme doit déjà donner de bonnes bases en sciences et en mathématiques. « Plusieurs années d'enseignement des sciences et des mathématiques, ainsi que de formation pratique, sont nécessaires pour établir un niveau de connaissances dans la société au moyen du système éducatif et d'activités de sensibilisation », affirme M. Molloy. Les autres éléments clés de la gestion des ressources humaines dans le domaine de l'électronucléaire comprennent la formation continue et la planification de la relève pour pouvoir anticiper les mouvements de personnel et remplacer progressivement les employés qualifiés. L'AIEA offre à ses États Membres un vaste appui à la gestion des ressources humaines sous forme d'ateliers, de réunions techniques, d'évaluations et de conseils professionnels.

Les publications de l'AIEA intitulées *Étapes du développement d'une infrastructure nationale pour l'électronucléaire*, *Managing Human Resources in the Field of Nuclear Energy* et *Workforce Planning for New Nuclear Power Programmes* énoncent des lignes



L'AIEA offre à ses États Membres un vaste appui à la gestion des ressources humaines sous forme d'ateliers, de réunions techniques, d'évaluations et de conseils professionnels.

(Photo: AIEA)

directrices. L'Examen intégré de l'infrastructure nucléaire établi par l'AIEA présente la mise en valeur des ressources humaines comme une des 19 questions importantes pour l'infrastructure. L'AIEA a constitué un Groupe de travail technique sur la gestion des ressources humaines dans le domaine de l'énergie nucléaire, qui fournit des avis et un appui sur tous les aspects pertinents. Elle a en outre mis au point un programme de base dans le domaine du génie nucléaire pouvant être utilisé par les universités.

Lorsqu'ils ont adopté le Plan d'action de l'AIEA sur la sûreté nucléaire, les États Membres ont souligné l'importance de la gestion des ressources humaines. Une des douze mesures du Plan d'action engage les pays ayant ou prévoyant un programme électronucléaire à renforcer les programmes de création de capacités pour « s'assurer [...] en permanence que les ressources humaines dont ils ont besoin pour s'acquitter de leur responsabilité en matière d'utilisation sûre, responsable et durable des technologies nucléaires sont compétentes et suffisantes ». Le Plan d'action invite en outre le Secrétariat de l'AIEA à fournir une assistance aux États Membres sur demande.

Ce type d'assistance est fortement demandé dans les pays primo-accédants, mais selon M. Molloy, la gestion des ressources humaines est tout aussi importante dans les pays exploitant déjà des centrales nucléaires. Il souligne l'exemple du gouvernement finlandais, qui a suivi une approche intéressante en exigeant un examen de la capacité nucléaire nationale par les compagnies d'électricité avant de décider du développement de son programme. « L'idée était de vérifier que les compagnies avaient suffisamment de ressources humaines pour construire des centrales et les exploiter à long terme », indique M. Molloy. « Il s'agit d'un très bon exemple ».

LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE PAR LA COOPÉRATION INTERNATIONALE



L'accident nucléaire de Fukushima Daiichi a été le plus grave dans une installation nucléaire depuis celui de Tchernobyl en 1986. Il a causé une profonde anxiété chez le public et a ébranlé la confiance dans l'électronucléaire. Après cet accident, le renforcement des normes de sûreté nucléaire et des interventions d'urgence est devenu un impératif au niveau mondial. L'AIEA a pris l'initiative de l'élaboration d'une

approche globale, et le Plan d'action de l'AIEA sur la sûreté nucléaire constitue un cadre global et une incitation majeure pour l'inventaire des enseignements tirés et l'application des améliorations en matière de sûreté.

Le renforcement de la sûreté nucléaire fait l'objet de plusieurs des mesures proposées dans le Plan d'action, dont les 12 mesures principales axées sur les évaluations de la sûreté à la lumière de l'accident. D'importants progrès ont été réalisés en ce qui concerne les évaluations des vulnérabilités de sûreté des centrales nucléaires, le renforcement des services d'examen par des pairs de l'AIEA, l'amélioration des capacités de préparation et de conduite des interventions d'urgence, l'intensification et la poursuite de la création de capacités ainsi que l'extension et le renforcement de la communication et de l'échange d'informations avec les États Membres, les organisations internationales et le public. Des progrès ont également été accomplis dans le réexamen des normes de sûreté de l'AIEA, que les responsables de la réglementation, les exploitants et l'industrie nucléaire en général continuent à appliquer largement, en accordant une attention et un intérêt accrus à des domaines comme la prévention des accidents, en particulier des accidents graves, ainsi qu'à la préparation et à la conduite des interventions d'urgence.

Renforcer le cadre mondial de sûreté nucléaire

Les normes de sûreté de l'AIEA sont l'expression d'un consensus international sur ce qui constitue un degré élevé de sûreté pour la protection des personnes et de l'environnement contre les rayonnements ionisants. Pour aider les États Membres à appliquer ces normes et leur permettre de partager des données d'expérience et des idées utiles, l'AIEA propose divers services consultatifs et des missions d'examen par des pairs portant sur la conception, le choix des sites et l'ingénierie, la sûreté d'exploitation, la sûreté radiologique et la sûreté du

transport, ainsi que la radioprotection et la gestion sûre des déchets radioactifs.

Les normes de sûreté de l'AIEA constituent un ensemble harmonisé et mondialement accepté d'orientations, de prescriptions et de normes. Pour les améliorer de façon continue, l'AIEA recueille auprès des États Membres des informations sur leur application et incorpore ces informations aux révisions ultérieures des normes, qui continuent ainsi de répondre aux besoins des États Membres. Le processus appliqué pour le réexamen et la révision des normes de sûreté de l'AIEA à la suite de l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi n'est pas différent quant au fond. Il constitue une autre illustration des efforts permanents visant à élever sans cesse le niveau de sûreté.

Depuis l'accident nucléaire de Fukushima Daiichi, les modèles de nombreuses centrales nucléaires existantes, ainsi que ceux des nouvelles centrales, ont été améliorés pour inclure de nouvelles mesures visant à atténuer les conséquences de séquences d'accidents complexes où se produisent des défaillances multiples ainsi que des accidents graves. Des systèmes complémentaires et équipements dotés de nouvelles capacités ont été installés pour une mise en conformité dans de nombreuses centrales nucléaires existantes afin de contribuer à la prévention des accidents graves et à l'atténuation de leurs conséquences. Des orientations sur l'atténuation des conséquences des accidents graves ont été préparées pour toutes les centrales nucléaires existantes, car tous les « groupes vendeur propriétaires », groupes d'intérêt constitués par le vendeur et les propriétaires de tel ou tel modèle de réacteur, ont élaboré des lignes directrices génériques pour la gestion des accidents graves, qui peuvent servir de base pour la formulation de lignes directrices spécifiques pour chaque centrale. L'AIEA encourage vivement la formulation de lignes directrices spécifiques pour les centrales dans le cadre des missions d'examen par des pairs. La conception des nouvelles centrales inclut expressément l'étude de scénarios d'accident grave et de stratégies pour y faire face.

Les normes, guides et codes sont essentiels pour la sûreté d'exploitation des installations nucléaires, mais ils ne suffisent pas. Ils doivent être appliqués, et leur application doit faire l'objet d'examen par des pairs. Le renforcement et l'expansion du cadre mondial de sûreté nucléaire dépendent donc de l'engagement résolu et entier, de la pleine coopération et de la participation de l'ensemble de la communauté nucléaire à l'appui des travaux que l'AIEA poursuit dans l'intérêt des générations futures.

Denis Flory, Directeur général adjoint, chef du Département de la sûreté et de la sécurité nucléaires de l'AIEA

L'INNOVATION POUR LA DURABILITÉ DU NUCLEAIRE

En 2000, les États Membres de l'AIEA ont reconnu que des activités concertées et coordonnées de recherche-développement étaient nécessaires pour produire des innovations qui garantissent que l'énergie nucléaire puisse contribuer à satisfaire les besoins énergétiques de manière durable au XXI^e siècle. Suite à une résolution de la Conférence générale de l'AIEA, un groupe de réflexion et un forum de dialogue internationaux ont été établis. La structure qui en résulte, le Projet international sur les réacteurs nucléaires et les cycles du combustible nucléaire innovants (INPRO), aide les détenteurs et les utilisateurs de la technologie nucléaire à coordonner les études, recherches et autres activités nationales et internationales requises pour introduire des innovations dans les modèles de réacteurs nucléaires et les cycles du combustible nucléaire. À l'heure actuelle, 38 pays et la Commission européenne participent au projet. Ce groupe comprend à la fois des pays en développement et des pays développés qui représentent plus de 75 % de la population mondiale et 85 % du produit intérieur brut mondial.

Dans le cadre de l'INPRO, des États Membres de l'AIEA exécutent des projets en collaboration pour analyser des scénarios de développement et examiner comment l'énergie nucléaire peut contribuer aux objectifs de l'ONU en matière de développement durable au XXI^e siècle. Les résultats de ces projets peuvent être appliqués par ces États dans leurs stratégies nationales relatives à l'énergie nucléaire et conduire à une coopération internationale apportant des innovations utiles à la technologie de l'énergie nucléaire et à son déploiement. Par exemple, l'INPRO étudie la « partie terminale » du cycle du combustible, y compris le recyclage du combustible usé, pour améliorer l'efficacité d'utilisation des ressources et réduire la charge que représente le stockage définitif des déchets.

Les planificateurs nationaux du secteur nucléaire et les experts INPRO de l'AIEA coopèrent aussi pour réaliser des évaluations des systèmes d'énergie nucléaire (NESA) qui aident les planificateurs à prendre en toute connaissance de cause des décisions concernant la durabilité de leurs plans stratégiques de déploiement. Ce travail d'évaluation est réalisé en utilisant la méthodologie INPRO, outil élaboré dans le cadre d'une coopération poussée avec des experts d'États Membres, pour déterminer si une stratégie relative à un système d'énergie nucléaire, avec des choix technologiques précis, peut répondre durablement aux besoins énergétiques des années à venir. Plusieurs domaines clés sont pris en compte : compétitivité économique des systèmes énergétiques ; infrastructures juridiques, institutionnelles et industrielles nationales ; impact environnemental ; protection physique ; et sûreté inhérente des réacteurs et des cycles du combustible nucléaire.

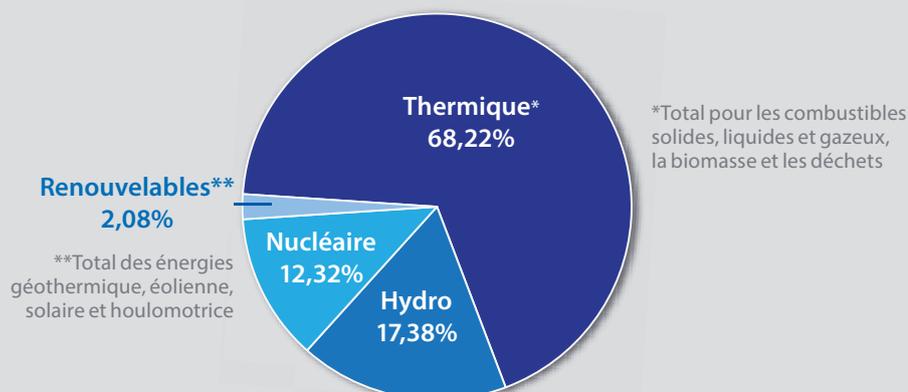
L'INPRO étudie aussi les innovations actuelles en matière de technologie des réacteurs. Par exemple, des études de cas ont été réalisées et analysées pour mieux comprendre le comportement des dispositifs de sûreté passifs dans le réacteur indien avancé à eau lourde sous pression et le réacteur de puissance avancé (APR+) de la République de Corée. Les participants à l'INPRO ont étudié ensemble les enjeux technologiques du refroidissement des cœurs de réacteurs fonctionnant à haute température dans les réacteurs avancés à neutrons rapides, les réacteurs à haute température et les systèmes hybrides qui utilisent des métaux liquides et des sels fondus comme caloporteurs. Une étude de l'INPRO a aussi porté sur les questions juridiques et institutionnelles que pose l'introduction de centrales nucléaires transportables. Les résultats des études de l'INPRO sont censés aider les concepteurs de technologies à s'informer des innovations qui pourraient simplifier l'introduction et le déploiement de la prochaine génération de centrales nucléaires et des questions connexes d'infrastructure qu'il faut résoudre.

Depuis l'accident de Fukushima Daiichi, on accorde davantage d'attention aux moyens de prévenir les accidents graves et d'en atténuer les conséquences, y compris le rejet de matières radioactives dans l'environnement. Une nouvelle étude de l'INPRO portera sur les prescriptions de sûreté et les innovations techniques et institutionnelles connexes qui permettraient de prévenir les rejets radioactifs nécessitant le relogement ou l'évacuation des personnes vivant à proximité d'une centrale nucléaire en cas d'accident. L'INPRO et le Forum international Génération IV (GIF) sont les seuls groupes internationaux multilatéraux de coopération à l'appui des activités de recherche-développement sur la prochaine génération de réacteurs nucléaires. Le GIF coordonne les activités de recherche sur six systèmes d'énergie nucléaire de la prochaine génération : réacteurs à neutrons rapides au sodium, réacteurs à neutrons rapides au plomb, réacteurs à neutrons rapides refroidis par gaz, réacteurs à sels fondus, réacteurs refroidis à l'eau supercritique et réacteurs à très haute température. Les experts de l'INPRO et du GIF coopèrent et échangent des informations sur les projets d'intérêt mutuel. Le GIF présente régulièrement l'état d'avancement technique de chacun des réacteurs à l'étude dans les États Membres participants. L'INPRO et le GIF collaborent principalement dans les domaines de la sûreté, de la résistance à la prolifération et de l'économie des réacteurs nucléaires innovants.

En 2010, l'INPRO a établi un Forum de dialogue INPRO sur la viabilité de l'énergie nucléaire mondiale. Depuis lors, tous les États Membres de l'AIEA et les groupes qualifiés de parties prenantes ont été invités à participer à un vaste échange technique sur des thèmes d'intérêt commun liés à la durabilité du nucléaire au XXI^e siècle.

STATISTIQUES CLÉS

Contribution de chaque source à la production d'électricité en décembre 2011, en pourcentage



Source: IAEA

Nombre total de réacteurs dans le monde (mars 2013)

Pays	En service	Puissance électrique nette totale (MW)	En construction
Afrique du Sud	2	1 860	
Allemagne	9	12 068	
Argentine	2	935	1
Arménie	1	375	
Belgique	7	5 927	
Brésil	2	1 884	1
Bulgarie	2	1 906	
Canada	19	13 500	
Chine	18	13 860	28
Corée, République de	23	20 739	4
Émirats arabes unis			1
Espagne	8	7 560	
États-Unis d'Amérique	103	100 680	3
Finlande	4	2 752	1
France	58	63 130	1
Hongrie	4	1 889	
Inde	20	4 391	7
Iran, République islamique d'	1	915	
Japon	50	44 215	2
Mexique	2	1 530	
Pakistan	3	725	2
Pays-Bas	1	482	
République tchèque	6	3 804	
Roumanie	2	1 300	
Royaume-Uni	16	9 231	
Russie	33	23 643	11
Slovaquie	4	1 816	2
Slovénie	1	688	
Suède	10	9 395	
Suisse	5	3 278	
Ukraine	15	13 107	2
Total	437	372 613	68
	Ce total comprend 6 réacteurs à Taiwan (Chine)		Ce total comprend 2 réacteurs à Taiwan (Chine)

Source: AIEA

CONTRIBUTEURS

Yukiya Amano
Alexander Bychkov
Eleanor Cody
Elisabeth Dyck
Ayhan Evrensel
Denis Flory
Sasa Gorisek
Sasha Henriques
Iulia Iliut
Peter Kaiser
Lizette Kilian
Bruna Lecossois
Susanna Loeoef
Brian Molloy
Alan McDonald
Ruth Morgart
Richard Murphy
Brenda Pagannone
Peter Rickwood
Anne Starz
Ferenc Toth
Greg Webb



Nuclear Power in the 21st Century

ST. PETERSBURG • 27 – 29 JUNE 2013

Organized by the



IAEA

International Atomic Energy Agency

Hosted by the Government of the Russian Federation



through the
State Atomic Energy Corporation
“Rosatom”

In cooperation with the OECD/Nuclear Energy Agency

