

ENERGIE ET ENVIRONNEMENT

VERS UN DEVELOPPEMENT PLUS SUR ET

Les efforts déployés à travers le monde en vue d'assurer un développement plus sûr et plus propre ont certes permis de surmonter quelques obstacles importants au cours des dix dernières années, mais n'ont pu empêcher que d'autres problèmes surgissent entre-temps. Une question importante n'a cessé de retentir de plus en plus fort: comment les gouvernements poursuivront-ils cet objectif au siècle prochain?

Ce retentissement découle d'événements qui se sont produits il y a 25 ans. La Conférence des Nations Unies sur l'environnement à Stockholm avait alors fait sortir de nombreuses questions «vertes» du cercle des laboratoires scientifiques et les premiers chocs pétroliers avaient compromis les perspectives de développement énergétique. Dans les années 90, diverses conférences internationales ont été organisées pour examiner les enjeux: l'augmentation de la demande d'électricité, à Helsinki, en 1991; les graves menaces pour l'environnement, à Rio de Janeiro, au Sommet de la Terre de 1992; la croissance démographique mondiale, au Caire, en 1994; les problèmes des mégapoles surpeuplées, à Istanbul, et la faim, à Rome, en 1996. En outre, un nouveau Sommet de la Terre s'est tenu à New York, en 1997, et au début de décembre 1997 sera abordé à Kyoto le thème complexe du réchauffement de la planète. Les gouvernements veulent un traité mondial sur les changements climatiques et se réuniront pour en discuter les clauses.

Cependant, l'Europe connaissait des bouleversements politiques spectaculaires après l'éclatement de l'Union soviétique. Ces boule-

vements ont mis en lumière les problèmes d'énergie, de protection de l'environnement et de sûreté dans les pays de l'ex-bloc soviétique.

Dans tous les cas, le message prépondérant a été le suivant: des progrès importants ont été réalisés, mais il est encore trop tôt pour crier victoire. Etant donné les fluctuations politiques, environnementales et économiques, l'instauration du développement durable ne sera pas facile ni rapide, et il faudra en payer le prix.

L'AIEA a quant à elle réagi en jetant des fondations juridiques et techniques plus solides afin d'appuyer le développement sûr, propre et compétitif de l'énergie nucléaire dans les pays qui font déjà appel à cette forme d'énergie ou qui pensent le faire. Les pays ont aussi cherché à démontrer plus clairement comment les diverses technologies nucléaires peuvent aider à résoudre des problèmes énergétiques ou environnementaux particuliers. Les principales plates-formes établies sur ces nouvelles fondations comprennent:

- Un régime mondial de sûreté renforcé et mieux intégré dans des domaines clés de l'énergie nucléaire, des applications des rayonnements et de la gestion des déchets radioactifs. Ce régime comprend de nouveaux instruments juridiques et des services de sûreté renforcés. (Voir encadré, page 31.)

- Un appui technique plus spécialisé aux pays pour améliorer la performance des centrales nucléaires, moderniser ou démanteler les centrales anciennes, développer des filières avancées de réacteurs, gérer les stocks croissants de combustible nucléaire usé

et comparer les différentes sources d'énergie et d'électricité dans des conditions particulières.

- Des projets d'assistance technique et de recherche visant à aider un plus grand nombre de pays à établir ou à renforcer leur infrastructure de réglementation en matière de sûreté nucléaire et à améliorer leurs capacités de gestion des déchets dans tous les domaines.
- Un appui scientifique pour des évaluations concernant des déchets radioactifs découlant d'activités nucléaires antérieures et pour des applications sur mesure de techniques nucléaires aux fins de recherches sur les changements climatiques, la pollution et les menaces contre le milieu marin. (Voir encadré, page 37.)

En 1986, 26 pays s'apprêtaient à célébrer une étape importante: leurs 397 centrales électronucléaires comptaient presque 4 000 années d'exploitation commerciale cumulée. L'accident de Tchernobyl, en avril, vint tout bouleverser et marqua le début d'une période difficile pour l'AIEA. Moins de cinq mois après l'accident, les Etats, travaillant à l'Agence sous les regards du monde entier, avaient déjà négocié et adopté deux nouvelles conventions internationales sur la sûreté nucléaire, présenté le premier compte rendu fiable de l'accident et mis en route

Photo: Montée vers le sommet de la centrale du Bugey, en France, pays où les centrales nucléaires couvrent la plus grande partie des besoins en électricité des foyers, ainsi que des entreprises commerciales et industrielles. (Photo: Setboun/Rapho Agence de presse photographique)

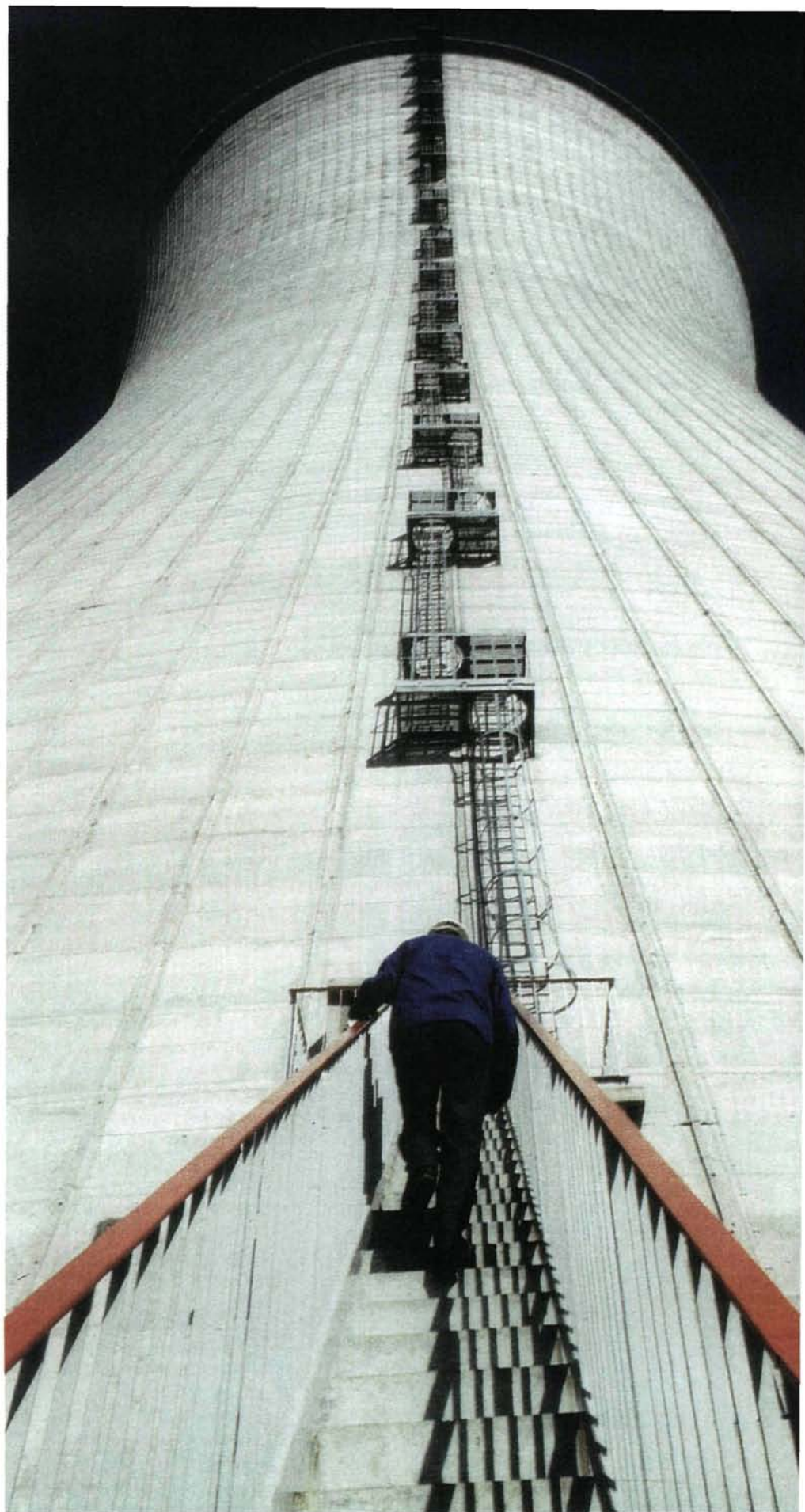
NEMENT PLUS PROPRE

des plans prévoyant des services et une assistance plus étendus en matière de sûreté.

Tout au long de la décennie qui a suivi, le régime juridique et technique de sûreté a été renforcé et, aujourd'hui, de nouveaux éléments sont encore à l'étude. Fait tout aussi important, des spécialistes des questions sociales, de la santé, de l'alimentation, de l'environnement et du nucléaire se sont réunis pour éclaircir les conséquences réelles et potentielles de l'accident de Tchernobyl.

(Voir page 24.)

S'agissant du développement de l'énergie nucléaire, l'impact technique de l'accident — qui concernait essentiellement un petit groupe de centrales de conception soviétique exploitées dans quelques pays seulement — s'est fait sentir, comme ses retombées, bien au-delà des frontières nationales. Les enseignements qui en ont été tirés ont accentué le besoin impératif d'instaurer une «culture de sûreté» dans l'industrie nucléaire. Les efforts visant à renforcer le filet de sûreté se sont rapidement amplifiés pour des raisons commerciales et écologiques, et aussi pour aider à regagner l'appui du public qui avait été perdu dans de nombreux pays. Un certain nombre d'entreprises et de gouvernements ont essayé d'abandonner graduellement leurs programmes électro-nucléaires, tandis que d'autres ont suspendu ou reporté des projets qui étaient en cours de réalisation ou à l'étude. Officiellement, la plupart des gouvernements ont exprimé un point de vue nuancé à plus long terme en déclarant qu'ils restaient favorables à l'expansion sûre du nucléaire



GRAVE OU PAS?



Déterminer la gravité des menaces de réchauffement de la planète tout en évaluant les mesures qui sont prises ou qui pourraient l'être pour y faire face est une tâche ambitieuse qui occupe les scientifiques depuis des années. Au milieu des années 90, un consensus scientifique international s'est dégagé; les 2 500 experts participant aux travaux du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) ont publié un rapport comportant un message réservé, mais direct: si les technologies énergétiques demeurent inchangées et si la demande s'accroît sensiblement, les températures moyennes pourraient augmenter de 1 à 3,5 °C au cours du siècle prochain. Cette augmentation pourrait provoquer une élévation du niveau de la mer de 50 cm qui entraînerait des inondations des basses terres côtières et des îles tropicales, une aggravation des phénomènes météorologiques extrêmes et un endommagement

des forêts et des terres agricoles. Le point de vue du GIEC a été contesté, mais n'a pas changé.

La question est complexe et les projections présentent d'énormes incertitudes. Pour mieux comprendre l'évolution du climat et la quantifier, les scientifiques ont besoin de données détaillées et de puissants outils et modèles d'analyse. Parmi ceux-ci figurent les techniques isotopiques. Grâce à elles, les scientifiques examinent les antécédents climatiques en effectuant des mesures sur des carottes de glace, des eaux souterraines anciennes, et des dépôts et sédiments lacustres, puis estiment l'impact des activités humaines à partir des résultats. Ces informations aident à prévoir les effets potentiels sur les écosystèmes forestiers, la désertification et les ressources en eau, ainsi que le risque d'inondation et de sécheresse. Les méthodes isotopiques sont aussi indispensables pour définir le budget atmosphérique

des gaz à effet de serre, en particulier leurs sources et leurs milieux de dissipation, afin de prévoir et de déterminer les impacts du changement climatique.

Des études à long terme sont en cours pour retracer comment le carbone se déplace et se dissipe dans les océans, les mers et les lacs. Dans leurs laboratoires de Monaco, les scientifiques de l'AIEA ont intensifié leurs travaux depuis dix ans pour étudier le transfert du carbone de sa source aux fonds océaniques. Ces travaux consistent à recueillir et à analyser des particules marines migrant vers le fond dans le cadre d'études isotopiques.

Pour appuyer les recherches, l'Organisation météorologique mondiale (OMM), à Genève, et l'AIEA exploitent un réseau mondial de surveillance des isotopes dans les précipitations. Au milieu des années 90, le réseau disposait de données provenant de plus de 450 emplacements dans le monde entier.

D'autres programmes soutenus par l'AIEA font appel à des experts pour des évaluations conjointes des mesures

ou à l'adoption de mesures pour maintenir cette option ouverte.

Au milieu des années 90, l'avenir de l'énergie nucléaire semblait sombre. Mais les lumières brillaient encore, en grande partie grâce au nucléaire. En moyenne, d'après les renseignements figurant dans la base de données de l'Agence, près de cinq nouvelles centrales nucléaires par année — soit 47 en tout — ont été couplées au réseau depuis 1986. La part du nucléaire dans la production mondiale totale d'électricité a augmenté légèrement dans les années 90, atteignant 17 % en 1997. Aujourd'hui, les pays où le quart ou plus de la production totale d'électricité est d'origine nucléaire sont plus

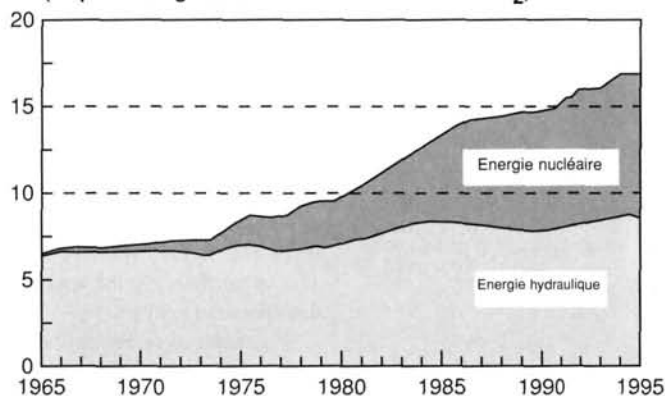
nombreux que jamais: ils étaient 17 en 1996, soit sept de plus qu'il y a dix ans, et parmi eux figurent certains nouveaux Etats indépendants. En 1997, plus de 440 centrales nucléaires étaient couplées au réseau dans 31 pays. Ensemble, elles produisaient environ 50 % plus d'électricité que l'Union soviétique n'en produisait à partir de toutes les sources d'énergie dix ans auparavant.

Les prévisionnistes ont dressé un tableau général de l'énergie de plus en plus décourageant à mesure que les années passaient. En 1997, les prévisions indiquaient que la demande mondiale d'énergie augmenterait rapidement au siècle prochain, l'augmentation étant la plus rapide

dans les pays en développement pour répondre à l'expansion démographique et à la croissance économique. Selon le Conseil mondial de l'énergie, la demande d'énergie pourrait augmenter de 50 à 75 % au cours des 25 prochaines années. Dans tous les cas, cette croissance restera largement tributaire des combustibles fossiles. En 1997, ces combustibles continuent de couvrir près de 85 % de la demande sur le marché de l'énergie. Lorsqu'ils sont utilisés pour produire de l'électricité, les combustibles fossiles rejettent aussi du dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Moins de 15 % de la production totale d'énergie provient de l'énergie hydraulique et de l'énergie nucléaire qui ne rejettent pas de carbone et qui sont les deux autres

EMISSIONS DE CO₂ EVITEES PAR L'ENERGIE NUCLEAIRE ET L'ENERGIE HYDRAULIQUE

(en pourcentage des émissions mondiales de CO₂)



visant à lutter contre la menace de réchauffement de la planète, leur fournissant souvent des outils d'analyse informatisés spécialement mis au point à cet effet. Le projet interorganisations «Décades» a été lancé en 1990 pour appuyer des évaluations comparatives des options énergétiques, en particulier pour la production d'électricité. Les résultats des études comparatives publiés depuis dix ans indiquent des

émissions de dioxyde de carbone beaucoup plus faibles dans les pays qui recourent abondamment aux énergies nucléaire et hydraulique que dans les pays qui consomment de grandes quantités de charbon pour produire de l'électricité. Environ 17 % de la production mondiale d'électricité est d'origine nucléaire. Cette production a permis d'éviter des émissions de dioxyde de carbone représen-

tant environ 8 % des émissions mondiales totales en 1995, soit autant que l'énergie hydraulique.

Les projets de l'AIEA ont également contribué au développement d'autres sources d'énergie «propres» comme l'énergie géothermique. Dans des pays comme El Salvador et les Philippines, les projets appuyés par l'Agence ont aidé à évaluer et à mettre davantage en valeur les ressources géothermiques. Des techniques nucléaires d'analyse ont servi à évaluer avec fiabilité la température et les écoulements des fluides dans les volcans anciens d'El Salvador et à déterminer de nouveaux champs géothermiques pouvant être exploités. Les données ainsi recueillies peuvent aider à épargner des millions de dollars en coûts de forage et entraîner d'autres économies. On s'attend déjà que la production géothermique en El Salvador réduise les importations de pétrole d'environ 9 millions de dollars.

— Article basé sur des rapports rédigés par Klaus Froehlich, Lucille Langlois, Jane Gerardo-Abaya, Florin Vladu, David Kinley et Murdoch Baxter.

principales options. Pour le moment, l'énergie solaire et les autres sources d'énergie renouvelables ne représentent que 1 % de l'énergie totale utilisée. A mesure que les questions écologiques, et en particulier le réchauffement de la planète, exigent une vigilance plus étroite, de plus en plus de personnes s'interrogent sur l'avenir et les mesures à prendre dès maintenant. (Voir l'encadré ci-dessus.)

Depuis dix ans, les bouleversements politiques et économiques ont aussi influencé les orientations et les raisonnements sur le marché de l'énergie. Des études montrent toujours que la consommation d'électricité et la croissance économique vont de pair, même si les mesures d'économie et les autres mesures visant à améliorer le rendement énergétique ont contribué

à freiner les taux globaux de croissance dans le secteur de l'énergie.

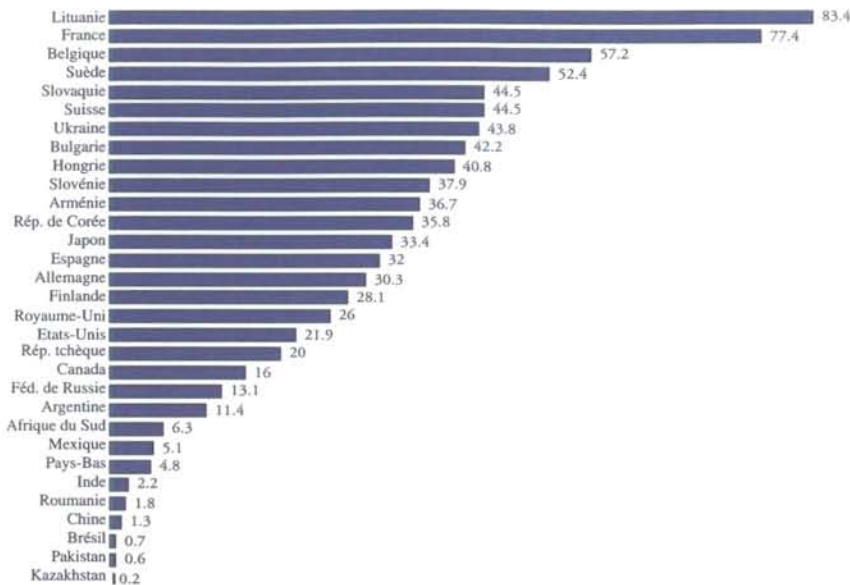
A mesure que la décennie avançait, d'autres changements ont influé sur les tendances dans le domaine de l'énergie, y compris l'énergie nucléaire. Dans certains pays industrialisés, les options de production «au coût le plus bas» ont gagné en importance sur des marchés d'électricité de plus en plus déréglementés. Il en a résulté notamment des pressions politiques et économiques plus grandes sur la performance des centrales nucléaires. Dans d'autres pays qui traversaient une période relativement difficile, un enjeu crucial pour l'énergie nucléaire a été de conserver un noyau de personnel possédant les compétences et l'expérience d'exploitation voulues. Dans les nouvelles

économies de marché, le problème du paiement du salaire mensuel du personnel hautement spécialisé des centrales nucléaires a suscité des inquiétudes à propos de l'énergie et de la sûreté au-delà des frontières nationales.

L'industrie nucléaire s'approchait aussi d'un autre cap important au milieu des années 90: le parc mondial de centrales nucléaires cumulait près de 8 000 années d'expérience d'exploitation.

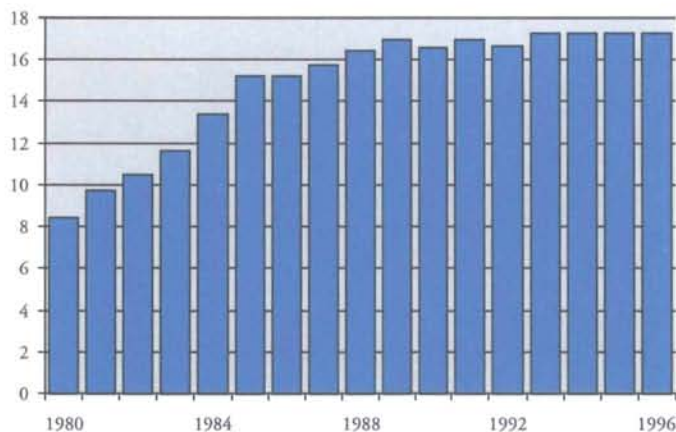
Dans les pays en développement, les tendances du développement nucléaire sont demeurées variées. Quelques Etats, notamment en Asie, ont beaucoup investi dans les centrales nucléaires pour s'affranchir de leur dépendance vis-à-vis des approvisionnements étrangers — surtout en pétrole —

PART DU NUCLEAIRE DANS LA PRODUCTION D'ELECTRICITE (pourcentage en janvier 1997)



CROISSANCE DE L'ENERGIE NUCLEAIRE

(1990-1996, en pourcentage de la production totale d'électricité)



et des coûts correspondants, ou vis-à-vis du charbon. En Chine, la consommation moyenne d'électricité a augmenté de 10 % par an au cours de la dernière décennie, et 16 grandes centrales nucléaires et au charbon sont en projet pour aider à répondre à la demande au cours du siècle prochain.

Au début de la décennie, en 1986, la Banque mondiale estimait, lors d'une réunion de l'AIEA, qu'il faudrait investir 522 milliards de dollars (intérêts

non compris) dans le secteur de l'électricité jusqu'en 1995 pour répondre à l'augmentation prévue de la demande dans les pays en développement. Cette somme représentait environ 60 % de tout l'argent consacré aux systèmes d'armement en une seule année de la décennie précédente. Même aujourd'hui, la puissance installée est toujours insuffisante dans les pays en développement, et le financement de tout projet lié à l'énergie, surtout les projets

nucléaires à forte intensité de capital, demeure un enjeu de taille. Environ sept foyers sur 10 dans les pays en développement n'ont pas l'électricité.

Tout au long des années 90, la Banque mondiale, l'AIEA et d'autres organisations se sont attaquées à la question du financement. Des projets et des programmes spéciaux ont permis d'aider certains pays à déterminer et à évaluer différents modes de financement. Des formules viables sont apparues et ont été appliquées dans plusieurs pays.

D'autres experts se sont penchés sur un autre inconvénient pour de nombreux pays en développement: la taille importante des centrales nucléaires habituellement disponibles sur le marché par rapport à la capacité des réseaux nationaux. Là encore, ils ont examiné les besoins et le marché pour des centrales plus petites, et la Fédération de Russie, l'Argentine et d'autres pays en développement se sont manifestés comme fournisseurs potentiels. La possibilité de recourir davantage à de telles centrales a été étudiée, mais surtout pour des applications non électriques comme la fourniture de chaleur pour le chauffage urbain et l'industrie, ou pour le dessalement de l'eau de mer.

(Voir encadré, page 20.)

Sur le plan économique, les études ont montré que l'énergie nucléaire soutenait généralement la concurrence avec les autres sources d'énergie. Des analyses réalisées en coopération avec d'autres organisations ont montré que les coûts de production de l'énergie nucléaire étaient à peu près égaux à ceux du charbon et, dans certains cas, au gaz naturel. L'un des aspects de l'énergie nucléaire — le coût relativement faible du combustible — a connu un revirement dans les années 90, le marché de l'uranium ayant enregistré une forte reprise. En outre, les évaluations des ressources et de la production mondiales d'uranium sont devenues

LA SURETE D'ABORD



Au cours des dix dernières années, d'importantes étapes ont été franchies, qui ont eu pour effet de renforcer le cadre juridique régissant la sûreté nucléaire et radiologique dans le monde, et d'autres sont attendues. Les Etats ont mis en place, sous les auspices de l'Agence, de nouveaux accords internationaux qui les contraignent juridiquement à atteindre et maintenir un haut niveau de sûreté. Par ailleurs, pendant cette même période, les autorités nationales se sont inspirées de plus en plus dans leur réglementation, ou y ont entièrement incorporé, des normes de sûreté recommandées que l'Agence établissait depuis longtemps. Certaines de ces normes ont fait l'objet d'une nouvelle révision ou restructuration au cours des années 90.

Il incombe maintenant aux Etats, avec l'appui de l'AIEA, d'appliquer effectivement les accords juridiques et de respecter plus scrupuleusement les normes de sûreté établies. Celles-ci sont conçues pour aider les pays à éviter les pertes dues à des accidents graves. Dans les dix dernières années, plusieurs accidents de ce genre touchant des

travailleurs se sont produits dans des installations industrielles utilisant les rayonnements et auraient pu être évités. Deux nouveaux rapports établis par des spécialistes de l'AIEA analysent les accidents graves les plus récents et attirent l'attention sur les leçons spécifiques que l'on peut en tirer.

Le cadre juridique renforcé comprend:

- **La Convention sur la sûreté nucléaire.** Les Etats ont adopté cet accord historique en 1996, par lequel ils s'engagent à atteindre et maintenir un haut niveau de sûreté. Ils sont tenus de respecter des critères internationaux dans les principaux domaines de la réglementation, de la gestion, et de l'exploitation des centrales nucléaires terrestres. Une dimension essentielle de cette convention est l'examen mutuel par les Etats de leurs rapports nationaux sur les mesures qu'ils prendront pour se conformer à leurs obligations. La première réunion d'examen a été fixée à avril 1999. En août 1997, 40 pays étaient parties à la Convention, dont presque tous les pays qui ont des programmes nucléaires. Soixante-cinq pays l'ont signée.

- **La Convention commune sur la sûreté de la gestion du combustible usé et la sûreté de la gestion des déchets radioactifs.** Cet accord, négocié par les Etats lors de réunions à l'AIEA au cours des deux dernières années, a été adopté à Vienne en septembre 1997 à une conférence diplomatique. Il concerne les applications civiles et fait obligation aux parties de prendre les mesures appropriées pour s'assurer que les déchets radioactifs et le combustible usé sont gérés en toute sûreté et de manière à préserver l'environnement, et pour empêcher les accidents entraînant des conséquences radiologiques. L'accord prévoit l'examen mutuel des rapports nationaux lors de réunions périodiques.

- **Le Protocole d'amendement de la Convention de Vienne de 1963 relative à la responsabilité civile en matière de dommages nucléaires et la Convention sur le financement complémentaire.** Ces deux instruments ont été négociés par les Etats, à l'AIEA, dans les années 90, et ils constituent, ensemble, la révision du régime international de responsabilité nucléaire. Ils ont été adoptés par les Etats, lors d'une autre conférence diplomatique qui s'est tenue à Vienne en septembre 1997.

- **La Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire et la Convention sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique.** Ces deux conventions ont été adoptées en 1986, quelques mois après l'accident de Tchernobyl. La première instaure un système d'alerte et de notification rapide d'accidents nucléaires potentiellement graves qui pourraient entraîner des retombées radioactives au-delà des frontières nationales. Les Etats touchés sont notifiés directement ou par l'intermédiaire de l'AIEA, qui met en place un système d'intervention d'urgence assurant la coordination. Comme son nom l'indique, la Convention sur l'assistance fait obligation aux Etats de faciliter les secours

d'urgence et de faire savoir à l'Agence quels sont les experts, le matériel et les autres moyens dont ils disposent pour fournir une assistance. En août 1997, 78 Etats étaient parties à la Convention sur la notification et 74 à la Convention sur l'assistance.

● **La Convention sur la protection physique des matières nucléaires.** Cet accord, qui est entré en vigueur en 1987, porte sur la sécurité des matières pendant le transport international et fait obligation aux parties d'assurer la protection des matières nucléaires sur leur territoire ou à bord de leurs navires ou de leurs avions. A la première Conférence d'examen qui a eu lieu à Vienne en 1992, les parties ont confirmé leurs engagements. Elles se sont également déclarées convaincues que la Convention fournit un cadre approprié pour la coopération mondiale en matière de protection, de récupération et de restitution de matières nucléaires volées et pour l'application de sanctions à ceux qui commettent des actes criminels mettant en jeu des matières nucléaires. En août 1997, 57 Etats étaient parties à cette convention.

Les normes recommandées de sûreté nucléaire et radiologique de l'AIEA sont:

● **Les Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements (Normes fondamentales internationales).** Une étape importante a été franchie au milieu des années 90, lorsque les efforts sans précédent déployés à l'échelon international par l'AIEA, l'OMS et trois autres organismes ont abouti à la révision des normes radiologiques internationales. Les Normes fondamentales internationales comprennent des prescriptions générales et spécifiques concernant toute une gamme d'activités et elles dérivent d'une foule de données scientifiques nouvelles qui ont été accumulées au cours des dix

dernières années. Elles font suite aux recommandations formulées en 1990 par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) qui fixaient des limites de doses plus faibles pour les travailleurs et le public en général. Les Normes incluent également la recommandation de la Commission invitant à prendre en compte les expositions reçues de plus d'une source de rayonnements, y compris le risque potentiel d'accidents. Elles sont complétées par une série de documents qui donnent des indications précises sur la façon d'appliquer les standards.

● **Les Normes de sûreté nucléaire (NUSS).** Les multiples codes et guides, qui concernent les centrales nucléaires, contiennent les recommandations de base dans ce domaine. Ils couvrent l'organisation gouvernementale, le choix du site, la conception, l'exploitation et l'assurance de la qualité. Les codes NUSS et certains guides ont été révisés au cours de la décennie écoulée, dont 15 documents sur l'assurance de la qualité publiés en 1996. D'autres normes de sûreté de l'Agence distinctes concernent la conception et l'exploitation des réacteurs de recherche.

● **Les Normes de sûreté des déchets radioactifs (RADWASS).** Elaborées dans le cadre d'un projet lancé au début des années 90, ces normes s'appuient sur les nombreux documents concernant la gestion sûre des déchets que l'Agence a publiés depuis sa création. Elles portent sur toutes sortes de sujets relatifs à la sûreté de la gestion, y compris de l'entreposage et du stockage définitif des déchets provenant des installations nucléaires, des hôpitaux, des établissements industriels et de recherche. Elles portent également sur les dépôts de déchets, le déclassement des installations et la remise en état de l'environnement. Le document principal, publié en 1995, définit les principes et les concepts de base concernant la gestion sûre des déchets radioactifs. Ces principes et ces concepts sont en train d'être

affinés et feront l'objet de documents complémentaires.

● **Le Règlement de transport des matières radioactives.** Publié pour la première fois en 1961, ce règlement, qui a valeur de recommandation, définit les règles fondamentales maintenant adoptées partout dans le monde concernant le transport de pratiquement toutes les matières radioactives. Il a pour objectif de protéger le public, les transporteurs, les biens et l'environnement des effets de l'exposition aux rayonnements pendant le transport. Une édition révisée du Règlement de transport a été publiée en 1996. Elle prend en compte les recommandations de la CIPR publiées en 1990 ainsi que les Normes fondamentales internationales de l'Agence. Elle introduit par ailleurs un nouveau type de colis pour le transport aérien qui doit se conformer à des critères plus rigoureux que les colis existants. Un certain nombre de guides de sûreté complètent le Règlement.

L'Agence a rehaussé le profil de cet ensemble de normes dans les années récentes. Des modalités nouvelles et plus uniformes pour la préparation et la révision des normes ont été instituées au milieu des années 90 sous la responsabilité du Département de l'énergie nucléaire nouvellement créé. Ont également été établis cinq organes consultatifs composés chacun d'environ quinze hauts responsables gouvernementaux, avec des mandats harmonisés et qui examinent et guident le travail relatif aux normes de sûreté. — *Ce texte est basé sur les informations communiquées par M. Abel Gonzalez, directeur de la Division de la sûreté des rayonnements et de la sûreté des déchets de l'AIEA, et par les administrateurs de la Division juridique de l'Agence.*

Photo: Une des centrales nucléaires allemandes qui, ensemble, fournissent environ trente pour cent de l'électricité du pays.

plus complètes. Des données clés sur la Russie et d'autres pays de l'ex-bloc soviétique ont été rendues publiques pour la première fois à une réunion technique de l'AIEA.

En ce qui concerne l'action de l'AIEA dans le domaine de l'énergie nucléaire, les réalités économiques et environnementales de la décennie se sont traduites par de nouveaux enjeux et de nouvelles possibilités. En général, les programmes techniques ont été davantage axés sur la sûreté et la performance des centrales, et sur les déchets.

Un objectif prépondérant a été d'aider un plus grand nombre de pays à se doter de meilleures capacités pour assurer la sûreté et la fiabilité des opérations nucléaires dans le cadre des normes internationales de l'Agence.

Depuis 15 ans, grâce aux projets d'assistance technique financés par l'Agence, 100 millions de dollars ont été investis dans la sûreté nucléaire sous la forme d'activités de formation et de matériel informatique. Cet appui a surtout été accordé aux 17 pays en développement qui font déjà appel à l'énergie nucléaire ou qui envisagent de le faire. L'assistance technique de l'Agence a notamment consisté à aider à construire en Hongrie un simulateur de formation en centrale — le premier du genre — à l'intention du personnel d'exploitation, en utilisant des pièces excédentaires provenant de centrales arrêtées en Allemagne et en Pologne. Au début des années 90, l'Agence a été l'une des premières organisations à signaler les insuffisances de la centrale nucléaire de Kozloduy, en Bulgarie. A la suite de ces constatations, une aide fut accordée par l'intermédiaire des programmes de sûreté élargis de l'AIEA. L'Agence a aussi mis en évidence la nécessité de plus grands efforts combinés pour faire face aux problèmes à Kozloduy et

dans d'autres centrales similaires en Europe centrale et orientale. En Bulgarie, comme dans plusieurs autres pays, l'assistance technique a été étendue depuis aux évaluations sismiques. Le but visé est d'aider à faire en sorte que les centrales nucléaires puissent résister à des tremblements de terre encore plus forts que celui que les réacteurs japonais ont subi sans dommage pendant la décennie.

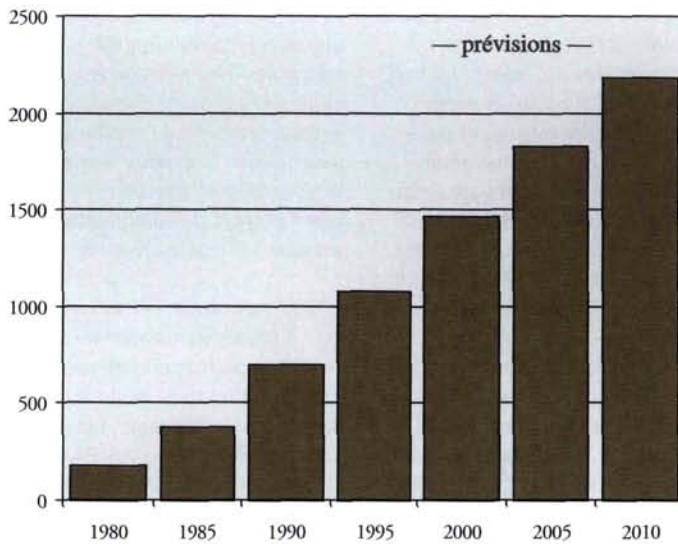
Fait important, les efforts de l'Agence ont aidé à améliorer la maintenance préventive et le contrôle des opérations dans les centrales nucléaires depuis dix ans. Les programmes visant à moderniser les méthodes de formation et les systèmes de contrôle dans les réacteurs de type Tchernobyl ont été étendus à d'autres types de réacteurs. Une plus grande proportion des incidents survenus dans les centrales ont aussi fait l'objet d'examen critiques par des confrères et d'analyses techniques pour en tirer les «enseignements». Des réseaux mondiaux d'information mis en place avec l'appui de l'AIEA ou sur son initiative et des services de sûreté liés aux régimes nationaux de réglementation ont servi de mécanisme central.

Partout dans le monde, la performance des centrales nucléaires s'est améliorée au cours des années 90. L'Agence a surveillé un indicateur commun — le «taux de disponibilité en énergie» — qui montre dans quelle mesure les capacités des centrales sont utilisées. Ce taux a augmenté de près de 7 % dans les années 90 et approchait de 80 % en moyenne en 1996. Un autre indicateur — les pertes d'énergie dues aux arrêts des centrales — est tombé au-dessous de 5 %, chiffre qui est comparable à celui enregistré dans les centrales à combustible fossile. La performance du combustible nucléaire s'est aussi améliorée dans les réacteurs à eau ordinaire, qui constituent la principale filière de réac-

teurs en exploitation. Dans les années 90, la recherche sur le combustible appuyée par l'AIEA s'est étendue à 26 pays et à trois organisations internationales. Une assistance technique dans le cadre d'études sur le comportement du combustible a été fournie à de nouveaux pays indépendants d'Europe orientale pour les types de combustible utilisés dans les réacteurs de ces pays.

Des centrales de la nouvelle génération, comme on les appelle communément, ont été introduites dans quelques pays au cours de la décennie. Les nouveaux modèles ont pour objectifs communs une fiabilité plus grande, une meilleure rentabilité et une sûreté renforcée. L'investissement annuel consacré à la recherche-développement de différents types de centrales nucléaires avancées a augmenté, atteignant un montant total estimatif de 2 milliards de dollars en 1996. Presque toute l'attention a porté sur les modèles «évolutifs» qui reprennent les meilleures caractéristiques actuelles et en intègrent d'autres. En 1996, certains types de réacteurs avancés ont été couplés au réseau ou étaient sur le point de l'être en Extrême-Orient, en Europe et en Amérique du Nord, tandis que d'autres prendront plus de temps à être mis au point et à faire leurs preuves. Les groupes de travail internationaux de l'AIEA sur les réacteurs avancés sont à l'avant-garde du travail de coopération. Les experts se réunissent régulièrement afin de confronter leur expérience et de conseiller l'Agence sur ce qu'il y a lieu de faire pour promouvoir la recherche, et en particulier les contacts techniques et les échanges d'information entre les chercheurs des pays en développement et des pays industrialisés. Un autre système envisageable à l'avenir pour produire de l'énergie nucléaire a suscité un intérêt croissant au cours de la décennie au Japon, en France,

PRODUCTION TOTALE DE PLUTONIUM (en tonnes par année)



en Russie et à l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN). Ce système, qui fait appel à des accélérateurs produisant des courants de protons de haute énergie, serait intéressant dans la mesure où, couplé à des réacteurs de fission, il permettrait de produire de l'électricité à l'aide de combustibles nucléaires, tout en détruisant en même temps le plutonium et les matières radioactives à longue période.

Les nouvelles réalités en ce qui concerne la partie terminale du cycle du combustible nucléaire ont rendu certains ajustements nécessaires. La gestion de quantités plus grandes de combustible usé est devenue une question pressante dans de nombreux pays et l'Agence lui a accordé une haute priorité. En 1985, les stocks de combustible usé dans le monde représentaient environ 30 000 tonnes de métal lourd. On estime maintenant qu'ils seront six fois plus importants à la fin du siècle, et les analystes de l'Agence prévoient qu'ils continueront à augmenter, quoique plus lentement, par la suite. Bien qu'ils soient énormes, ces stocks sont

bien moins importants et beaucoup plus faciles à isoler de l'environnement que les déchets des centrales à combustible fossile qui sont principalement rejetés dans l'atmosphère. Le combustible nucléaire usé est soit retraité soit conditionné pour être confiné dans des installations de stockage artificielles. Ainsi, entreposé pendant de longues périodes, le combustible usé perd beaucoup de sa radioactivité. Pour soutenir les efforts déployés au niveau national pour entreposer et gérer le combustible en toute sûreté, l'AIEA a élargi ses services d'appui technique, de recherche et de consultation. Les principaux bénéficiaires sont les pays qui mettent en service des installations de stockage ou ceux qui étudient le comportement du combustible nucléaire entreposé pour plus de 50 ans.

De nouvelles installations de stockage définitif destinées à accueillir toutes sortes de déchets radioactifs ont été inaugurées en 1997 ou étaient en projet à cette date. Toutefois, des décisions politiques ont ralenti la progression des travaux de planification en vue de la construction de dépôts en formation géologique profonde destinés à recevoir des déchets de haute

activité et du combustible usé. (Voir encadré, page 39.)

Par ailleurs est apparue ce que certains appellent une «économie du plutonium». La fin de la guerre froide a entraîné le démantèlement d'armes nucléaires et l'entrée contrôlée du plutonium sur le marché civil. Les Etats-Unis ont déclaré un excédent de 50 tonnes et on pense que la Russie en déclarera autant. En général, les inquiétudes ont été avivées par des facteurs tels que l'expansion de l'industrie du retraitement pour le recyclage du plutonium et les retards dans la commercialisation de réacteurs surgénérateurs rapides qui peuvent brûler du plutonium. Ces facteurs ont contribué à l'augmentation des stocks mondiaux de plutonium. (Voir graphique.)

Parmi les activités lancées par l'intermédiaire de l'Agence, on peut citer l'établissement d'une base de données et d'une méthodologie pour suivre les stocks et établir des projections fiables à leur sujet; la mise au point de lignes directrices pour manipuler et entreposer de façon sûre d'importantes quantités de plutonium séparé; l'élaboration d'une méthodologie pour répondre aux craintes de prolifération nucléaire que peuvent susciter différents cycles du combustible. L'AIEA a aidé à négocier les mesures de contrôle nécessaires pour empêcher la réutilisation éventuelle du plutonium ex-militaire à des fins d'armement et pour protéger le public contre les rayonnements qu'il émet.

D'autres problèmes sont apparus en raison du vieillissement du parc nucléaire. Un certain nombre de pays ont célébré au milieu des années 90 le quarantième anniversaire de l'entrée du nucléaire sur le marché de l'énergie et de nombreuses centrales sont vieilles de plusieurs décennies. Un regain d'intérêt s'est manifesté pour ce que le *Financial Times* appelle «la gérontologie nucléaire». Plus d'une centaine de centrales dans le monde approchent de la fin de leur durée de vie utile,

généralement 40 ans. Nombre d'entre elles vont être déclassées selon un processus qui comprend le nettoyage et la remise en état du site. D'autres sont rénovées et modernisées pour prolonger leur durée de vie d'environ 20 ans. De plus en plus de pays ont commencé à solliciter des conseils par l'entremise de l'Agence afin de pouvoir tirer profit des meilleures pratiques suivies dans l'industrie nucléaire pour «prolonger la vie des centrales» et de l'expérience acquise dans le déclassement et la remise en état des sites. L'Agence a publié récemment à ce sujet des lignes directrices provisoires pour compléter ses normes de sûreté.

Les quelques centaines de réacteurs de recherche qui sont utilisés à travers le monde aussi bien pour des recherches scientifiques que pour la production de radio-isotopes à des fins médicales et autres connaissent également des problèmes de vieillissement. La plupart de ces réacteurs ont été construits dans les années 60.

Une question tant technique que politique qui s'est posée a été celle de l'évacuation et du stockage sûr du combustible usé provenant des installations équipées de réacteurs de recherche. Quelque 60 pays exploitent actuellement des réacteurs de recherche. Lorsque la plupart de ces réacteurs ont été construits, on pensait que le combustible irradié serait réexpédié dans les pays fournisseurs, principalement les Etats-Unis et l'ex-Union soviétique.

L'Agence a intensifié ses efforts dans le milieu des années 90 pour évaluer la situation et aider les exploitants de réacteurs de recherche à prendre des mesures correctives en organisant des missions d'enquête et des cours et en fournissant des conseils techniques sur les meilleurs moyens d'entreposer le combustible usé. Elle a aussi travaillé en coopération avec les autorités gouvernementales des Etats-Unis, de la Fédération de Russie et d'autres pays pour déterminer les mesures supplémentaires à prendre.

Les Etats-Unis ont établi un programme visant à reprendre tout combustible usé qu'ils ont fourni au départ à des réacteurs de recherche et on encourage maintenant les autorités de la Fédération de Russie à faire de même.

Quelles sont les perspectives actuelles? Il y a longtemps que l'on s'est rendu compte que l'avenir de l'énergie nucléaire et des projets de l'AIEA dans ce domaine dépendait de plusieurs facteurs clés. Comme David Fischer l'a écrit dans son histoire de l'Agence, ces facteurs sont notamment:

- La demande future en électricité, particulièrement en Asie où les tendances à la hausse semblent les plus fortes.
- Le coût de l'électricité produite respectivement au moyen de combustibles fossiles et de combustibles nucléaires.
- La stagnation de la demande d'électricité dans la plupart des pays d'Amérique du Nord et d'Europe occidentale. Dans la plupart de ces pays, le seul combustible utilisé en quantités rapidement croissantes pour produire de l'électricité est le gaz naturel.
- Le maintien d'un excellent bilan de sûreté pour l'énergie nucléaire, y compris ses déchets, afin de contrebalancer les souvenirs de Tchernobyl.
- La nécessité de persuader le public que les déchets radioactifs peuvent être évacués sans mettre en danger la santé des générations futures. La technologie est disponible, mais le public manque de confiance.
- Enfin, la mesure dans laquelle le monde prend au sérieux la menace de réchauffement de la planète, qui est principalement dû aux «gaz à effet de serre» émis par les combustibles fossiles. Ceci vaut en particulier pour l'Amérique du Nord et l'Europe occidentale où, sauf en France, il semble peu vraisemblable que les programmes électro-nucléaires se développent à moins que des mesures draconiennes ne soient prises afin de réduire l'utili-

sation des combustibles fossiles pour produire de l'électricité. Il en va de même dans deux pays d'Asie, la Chine et l'Inde, où la consommation d'énergie et notamment de charbon devrait augmenter massivement au cours du siècle prochain.

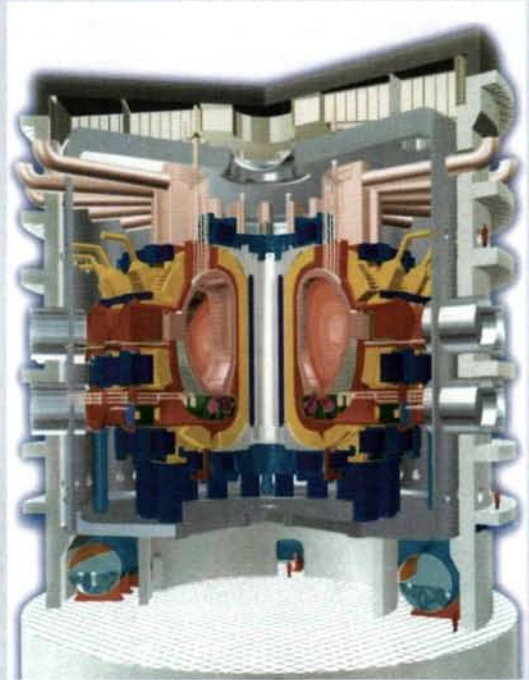
D. Fischer signale dans son étude que le développement énergétique mondial risque de dériver si l'option nucléaire est rejetée. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est le principal organisme international qui évalue l'impact des gaz à effet de serre sur le climat de notre planète. L'AIEA a fourni au GIEC une masse énorme de données, mais elle a déclaré en 1994 que les évaluations préliminaires faites par le GIEC cette année-là «ne reflétaient pas adéquatement la contribution que l'énergie nucléaire pourrait apporter pour répondre aux besoins en énergie, tout en réduisant les émissions de dioxyde de carbone». Par la suite, le Secrétaire général de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a déclaré lors d'une réunion de l'ONU que «l'énergie nucléaire avait été à l'origine de la majeure partie de la réduction de l'intensité de carbone dans les économies des pays de l'OCDE au cours des 25 dernières années».

D. Fischer conclut néanmoins que «les dernières années ont montré combien il sera difficile de persuader les responsables dans le domaine de l'énergie et les gouvernements de presque tous les pays concernés, et surtout des pays en développement comme l'Inde et la Chine, d'assumer le coût de la réduction des émissions de dioxyde de carbone, et de convaincre le public que l'énergie nucléaire est l'une des solutions viables pour faire face au problème du réchauffement de la planète. Le fait que le GIEC hésite à reconnaître le rôle positif que pourrait jouer l'énergie nucléaire est un autre indice dans ce sens».

On ne sait pas encore exactement où les efforts en vue d'assurer

Des équipes composées des meilleurs et des plus brillants scientifiques internationaux ont entrepris de relever des défis techniques majeurs au cours de la dernière décennie afin de permettre à l'humanité de progresser vers la maîtrise de la fusion nucléaire, c'est-à-dire le phénomène d'où le soleil et les étoiles tirent leur énergie. Sous les auspices de l'Agence, la coopération mondiale s'est amplifiée à la fin des années 80 dans le cadre d'une initiative quadripartite du Japon, de la Fédération de Russie, de l'Union européenne et des Etats-Unis, le projet de Réacteur thermonucléaire expérimental international, également appelé projet ITER. (Dans l'illustration ci-contre, notez la dimension du modèle par rapport à la taille des personnes qui se trouvent devant.) Ce projet a été mis sur pied pour confirmer la faisabilité scientifique et étudier la faisabilité technique de la fusion comme une source d'énergie potentiellement sûre et acceptable du point de vue de l'environnement. Les principaux combustibles de la fusion — le deutérium extrait de l'eau de mer et le tritium produit à partir de ressources abondantes en lithium — et son produit final, l'hélium, qui est un gaz inerte, ne sont ni toxiques ni radioactifs, et ils ne contribuent pas non plus à l'«effet de serre». A la fin de 1990, les scientifiques ont achevé l'étude de la conception du réacteur et, deux ans plus tard, ils ont entrepris la phase de conception technique dont le travail intensif s'étalera sur la majeure partie de la présente décennie. Jusqu'à maintenant, les quatre parties ne se sont pas engagées formellement à construire le réacteur à fusion, et certaines questions techniques et financières sont apparues. En plus du projet ITER, d'autres concepts de fusion sont à l'étude à l'échelle internationale et les résultats de ces travaux sont présentés dans le cadre de conférences internationales et de programmes de recherche appuyés par l'AIEA, ainsi que dans la revue scientifique de l'AIEA, *Fusion nucléaire*. A condition

«MINI-SOLEILS» DESTINES A LA PRODUCTION D'ENERGIE



que les obstacles techniques et économiques puissent être surmontés, on peut espérer que les efforts intensifs qui ont été déployés au cours de la présente décennie auront permis de progresser vers l'exploitation commerciale de l'énergie de fusion au XXI^e siècle.

— Article basé sur des rapports rédigés par Thomas Dolan, Franz-Nikolaus Flakus et David Fischer.

un développement énergétique plus sûr et plus propre mèneront. Peut-être la supraconduction ou la fusion thermonucléaire se concrétisera-t-elle beaucoup plus tôt qu'on ne le prévoit actuellement. Les scientifiques — comme ceux du Centre international de physique théorique (Italie), dirigé par l'UNESCO avec l'appui de l'AIEA — pourraient réaliser des découvertes capitales en énergie solaire ou à propos d'autres sources d'énergie prometteuses, comme ce fut le cas pour l'utilisation commerciale de l'énergie nucléaire il y a quelques décennies.

L'évolution du rôle de l'AIEA au cours des années à venir sera très certainement influencée par les réponses qui seront apportées à la grande question posée au début de cet article, celle de savoir comment les gouvernements assureront le développement futur du secteur de l'énergie. La conférence de Kyoto sur le changement climatique, en décembre, pourrait contribuer à dicter le rythme des progrès sur un large front.

— Par Lothar Wedekind, d'après des articles de Hans Blix, Victor Mourogov, Zygmund Domaratzki, Morris Rosen, Juergen Kupitz,

Poong-Eil Juhn, John Cleveland, Boris Gueorguiev, K.V. Mahadeva Rao, Iain Ritchie, Candace Chan-Sands, Bela J. Csik, Victor Arkhipov, Noboru Oi, James Finucane, Arnold Bonne, Royal Kastens, Lucille Langlois, Leonard Bennett, Evelyne Bertel et David Fischer.

SUR TERRE, AU SOMMET DES MONTAGNES ET EN HAUTE MER

Au cours des dix dernières années, de nombreux pays ont fait appel aux compétences scientifiques et techniques de l'Agence pour évaluer les conditions radiologiques et les menaces de pollution. Les mesures prises à la suite de l'accident de Tchernobyl, en 1986, ont eu un grand retentissement. (Voir page 24.) Entre le début et le milieu des années 90, différents pays ont demandé l'aide de l'Agence pour faire face à des préoccupations importantes:

- Les scientifiques de l'AIEA travaillant au Laboratoire de l'environnement marin ont été mandés sur les côtes du Koweït après la guerre du Golfe, en 1991, pour examiner et analyser les dommages dus à la pollution provoquée par l'incendie qui a ravagé les champs pétrolifères et qui a consumé 500 millions de barils de pétrole jaillissant. Les résultats préliminaires de cette première évaluation écologique mondiale ont été publiés dans le prestigieux périodique scientifique, *Nature*. Fait surprenant, ils montraient que la pollution par les hydrocarbures était concentrée dans un rayon d'environ 400 km à partir des sources. En 1992, les hydrocarbures polluants s'étaient dégradés, ne laissant subsister que des composés résistants, et les niveaux de contamination étaient tombés à la moitié des valeurs de 1991. Le taux de réduction a diminué en 1993, sans doute à cause de la reprise du trafic des pétroliers commerciaux et des marées noires «habituelles» auxquelles il donne lieu. Les concentrations d'hydrocarbures polluants dans les mers avaient culminé en août 1991, lorsque des tests avaient révélé un niveau de toxicité

important chez les larves marines, mais celui-ci avait diminué sensiblement en 1993. Cette expérience a montré comment les techniques nucléaires pouvaient être associées efficacement à d'autres méthodes pour déterminer les origines et le mouvement des hydrocarbures polluants, et pour aider à évaluer les dommages.

- Le long du littoral de la mer Caspienne et de la mer Noire, en Thaïlande et dans d'autres pays, des équipes de l'Agence se sont attaquées à d'autres problèmes au cours de la dernière décennie. Dans la région de la mer Caspienne, par exemple, elles ont prêté leur concours à cinq pays dans le cadre d'une campagne de surveillance de l'environnement visant à déterminer pourquoi le niveau de la mer s'élevait et comment empêcher l'inondation des villes et des terres agricoles. Un autre projet mondial entrepris de concert avec l'Agence suédoise d'aide au développement international comprend des études isotopiques sur le ruissellement des pesticides agricoles, qui menace les régions côtières et la viabilité des pêcheries.

Environ 80 % de toute la pollution marine est attribuable à des activités humaines terrestres: évacuation des eaux usées, déchets industriels et polluants chimiques. En 1995, les Etats ont adopté un plan d'action mondial qui a été salué comme le premier programme visant à assurer une «interaction plus durable» entre les hommes et les océans. Il pourrait être nécessaire de faire appel aux compétences de l'Agence pour relever ce défi. On a d'ores et déjà



déterminé que ces compétences pourraient contribuer aux objectifs et aux principes du plan d'action de plus d'une douzaine de façons différentes.

- Dans les pays d'Europe centrale et orientale, le public est plus sensibilisé à la contamination radioactive causée par l'extraction et le traitement des minerais d'uranium, et c'est devenu une grave source de préoccupation pour la santé et l'environnement. En 1993 et en 1995, l'Agence a entrepris d'aider des pays à évaluer la situation et à commencer à remettre les terres contaminées en état grâce à des mesures correctives efficaces. En 1997, 15 pays participaient à deux projets d'assainissement, et certains résultats avaient déjà été publiés par l'Agence. De nouveaux projets ont été lancés dans certains pays, comme la Bulgarie, la République tchèque et la Slovaquie.

● Dans les mers arctiques, un projet d'envergure a évalué, de 1993 à 1996, les incidences potentielles sur la santé et l'environnement du déversement de déchets radioactifs dans les eaux peu profondes à proximité du site d'essais nucléaires de la Nouvelle-Zemble. Les déchets comprenaient du combustible irradié contenu dans six réacteurs de sous-marins et dans l'assemblage d'un réacteur de brise-glace. Sous l'égide de l'Organisation maritime internationale et conformément à la responsabilité qui lui incombe en vertu de la Convention de Londres sur la prévention de la pollution par immersion, l'AIEA a entrepris une étude à laquelle participent plus de 50 spécialistes venant de 14 pays. Cette étude a révélé que les risques radiologiques actuels et potentiels dus aux déchets déversés étaient faibles pour les groupes typiques de la population locale. Elle a conclu également que, sur le plan purement radiologique, un programme de mesures correctives n'était pas justifié. Les spécialistes ont fait remarquer qu'une surveillance limitée de l'environnement devrait être envisagée en vue de déceler tout changement dans l'état des déchets de haute activité déversés. Au milieu des années 90, on a aussi demandé aux scientifiques de la mer de l'AIEA d'appuyer des études sur les sites antérieurs de déversement de déchets radioactifs dans le nord-ouest de l'océan Pacifique. Ils ont participé à deux expéditions scientifiques organisées conjointement par le Japon, la République de Corée et la Russie. Un rapport devrait être publié cette année.

● Au Kazakhstan, un groupe d'experts a évalué en 1994 l'ancien site d'essais nucléaires connu sous le nom de Semipalatinsk. Cette évaluation portait sur les conditions radiologiques de quelque 40 000 personnes vivant à proximité des limites du site, dans une zone au-dessus de laquelle des panaches radioactifs dus aux essais nucléaires étaient passés. Le groupe d'experts a conclu que

la population habitant dans ces agglomérations ne courait pas de risque radiologique. Il a cependant constaté que l'accès aux terres situées tout près du site n'avait pas été réglementé et que ces terres étaient en train d'être réoccupées. L'équipe a relevé dans ces zones des niveaux de rayonnements suffisamment élevés pour justifier qu'elle engage les autorités à interdire à la population de s'y établir pour des raisons de sûreté.

● De vives préoccupations ont été exprimées au sujet des niveaux de radon naturel dans les habitations et les bâtiments tout au long de la décennie, surtout dans les pays d'Europe et d'Amérique du Nord. Cette prise de conscience générale a été renforcée par une conférence internationale sur les niveaux élevés de rayonnements naturels, qui a eu lieu en 1990 en Iran. Des spécialistes venus de 30 pays ont assisté à la réunion qui était coparrainée par l'AIEA, l'OMS et d'autres organisations. Au début des années 90, l'AIEA et les pays européens ont parrainé un programme quinquennal de recherche sur le radon en vue d'appuyer les campagnes nationales de surveillance par des analyses. Plus de 50 pays ont participé à 51 projets distincts qui comportaient des analyses en laboratoires de radon prélevé à l'extérieur, sur des lieux de travail et dans des habitations.

● Un groupe consultatif formé d'experts de sept pays, de l'AIEA, de l'OMS et du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) a été créé à la fin de 1995 pour analyser les problèmes que posaient les habitants des îles Marshall évacués de l'ancien site d'essais nucléaires situé sur l'atoll de Bikini. La population de Bikini avait été réinstallée sur les îles Marshall avant le début des essais nucléaires au milieu des années 40. Ni les études radiologiques effectuées au cours des dernières

décennies ni les plans récents de réinstallation n'avaient convaincu la population qu'elle pouvait retourner vivre en toute sécurité sur l'atoll. Le groupe consultatif a conclu que des mesures correctives techniquement et financièrement faisables pourraient être prises pour permettre la réinstallation de la population de Bikini en respectant les principes internationaux de radioprotection. Si de telles mesures étaient prises, le groupe a recommandé de surveiller les denrées alimentaires afin d'assurer le succès de cette stratégie. D'autres activités parrainées par l'Agence sont en outre à l'étude pour répondre aux préoccupations de la population de Bikini.

● Une évaluation de la situation radiologique actuelle et future des anciens sites d'expérimentation situés sur les atolls de Mururoa et de Fangataufa dans le Pacifique Sud a été lancée en 1996. L'étude, que la France a demandée et qu'elle finance en grande partie, est placée sous la direction d'un comité consultatif international d'experts du monde entier. Onze laboratoires de neuf pays participent à l'analyse des échantillons terrestres, et six laboratoires de six pays à celle des échantillons marins. Une campagne d'échantillonnage et de surveillance a eu lieu en juillet 1996. Des scientifiques des Laboratoires de l'AIEA à Seibersdorf et de son Laboratoire de l'environnement marin participent étroitement à ces travaux de surveillance et d'analyse. Ainsi qu'il a été indiqué par le comité consultatif lors de réunions tenues cette année, l'étude avance comme prévu et devrait être achevée au début de 1998.

— Article fondé sur des documents et des rapports de l'AIEA rédigés par Kirsti Sjoebloom, Gordon Linsley, Murdoch Baxter, Candace Chan-Sands, Pier Roberto Danesi et Jasimuddin Ahmed.

POUR MONTRER L'EXEMPLE

Le défi consistant à démontrer la sûreté de l'entreposage et du stockage définitif des déchets radioactifs a pris une dimension nouvelle au cours des dix dernières années. La plupart des inquiétudes exprimées étaient dues aux décisions politiques visant à retarder les plans relatifs à la construction ou à l'ouverture de dépôts artificiels pour accueillir le combustible usé et les déchets nucléaires qui sont très toxiques et très radioactifs. Quelques pays ont entrepris des campagnes intensives de nettoyage pour remédier aux conséquences des pratiques antérieures d'entreposage et de stockage définitif des déchets militaires et civils. Dans la plupart des pays, toutefois, des progrès techniques étaient réalisés dans la démonstration de certaines solutions pour résoudre des problèmes réels ou perçus comme tels.

Une étude de l'AIEA effectuée au milieu des années 90 a montré que l'expérience acquise est largement mise à profit. Il existe plus d'une centaine d'installations de stockage définitif dans le monde, allant des voûtes souterraines bétonnées aux dépôts dans des formations géologiques pouvant accueillir des déchets de faible ou moyenne activité. Quarante-deux autres dépôts étaient en cours de développement. Ils exigent tous une multiplicité de mesures de protection et de contrôles opérationnels et institutionnels. Les efforts de l'Agence ont visé surtout à aider les pays en encourageant le transfert de technologies et de méthodes éprouvées par le biais de missions techniques, de programmes de recherche et de services de sûreté et par d'autres canaux. On a en outre repris les travaux menés avec quelques pays désireux d'établir des dépôts régionaux ou multinationaux, formule selon laquelle un pays hôte exploite un site où il accepte les déchets d'autres pays.



L'AIEA a déterminé «le pour et le contre» de cette formule et a publié un rapport sur le sujet.

Dans le cas du stockage définitif des déchets de haute activité et du combustible usé, les projets de démonstration ont progressé, quoique lentement, souvent à cause de la longueur des procédures techniques et politiques d'examen. La plupart des pays confrontés à ce problème n'envisagent de commencer la construction de dépôts dans des formations géologiques profondes que beaucoup plus tard au cours du siècle prochain. Cela ne signifie pas que les déchets s'accumulent. Dans presque tous ces pays, les déchets nucléaires sont confinés dans des installations artificielles d'entreposage provisoire où ils refroidissent en toute sûreté pendant des décennies. L'assistance technique de l'Agence au cours de la décennie a consisté notamment à soutenir les programmes de recherche conjoints de grande envergure sur la performance des formes

et des conteneurs de déchets de haute activité dans les conditions des dépôts, et les évaluations de sûreté des installations souterraines de stockage définitif pour d'autres types de déchets.

L'Agence a fait aussi œuvre de pionnier en appuyant une évaluation internationale de six mois sur les analyses scientifiques de la performance de l'installation pilote d'isolement des déchets, aux Etats-Unis, qui en est maintenant au stade de l'examen final par les pouvoirs publics. Organisée conjointement avec l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, cette évaluation a été effectuée en 1996-1997 par des géologues et des spécialistes de la protection de l'environnement, de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Leur rapport a corroboré les analyses scientifiques dont il a confirmé la pertinence technique. L'installation pilote est conçue pour stocker définitivement le plutonium et les autres déchets à période longue qui résultent des activités liées à la défense, y compris les outils et les vêtements contaminés. Elle est creusée à plus de 1000 m de profondeur sur un site situé au Nouveau-Mexique. Selon le calendrier prévu, elle devrait commencer à accueillir des déchets à partir de mai 1998, lorsque l'Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis et le Département de l'environnement du Nouveau-Mexique auront donné leur accord. — *D'après des rapports de Kyong Won Han, Jorma Heinonen, Candace Chan-Sands et Arnold Bonne.*

Photo: L'un des moyens de confiner les déchets radioactifs en toute sécurité réside dans la vitrification. On utilise le verre pour solidifier les déchets de haute activité à titre de mesure de protection avant leur stockage définitif. Sur la photo, du verre fondu est versé d'un creuset en platine dans une lingotière en acier.

RETROSPECTIVE: LE MONDE QUI NOUS ENTOURE A CHANGE

1972

1997

POPULATION

La population mondiale s'élève à 3,8 milliards d'habitants, dont plus de 70 % vivent dans des pays en développement.

URBANISATION

Environ 38 % de l'humanité vivent dans des villes, dont trois seulement comptent plus de 10 millions d'habitants.

Plus de 200 millions d'automobiles, qui circulent pour la plupart dans les pays industrialisés, aggravent les problèmes de pollution locaux.

Environ 16 milliards de tonnes de dioxyde de carbone, gaz contribuant au réchauffement de la planète, sont rejetées chaque année dans l'atmosphère. La concentration atmosphérique est de 327 ppm.

EAU DOUCE

Environ 2 600 km³ d'eau douce sont utilisés chaque année, surtout pour l'irrigation.

SOURCES D'ENERGIE

Les combustibles fossiles fournissent 94 % de l'énergie utilisée dans le monde.

L'électricité représente environ 21 % de la production totale d'énergie. La consommation annuelle par habitant s'élève à environ 1 400 kilowattheures (kWh). Par région, la consommation est d'environ 8 200 kWh en Amérique du Nord, 3 100 en Europe occidentale, 2 800 en Europe orientale, 565 en Amérique latine, 396 en Asie du Sud-Est, 240 en Afrique et 143 au Moyen-Orient et en Asie du Sud. La production mondiale totale d'électricité est d'environ 5 000 térawattheures, dont moins de 2 % (80 TWh) sont d'origine nucléaire.

Les pays ont dépensé 836 milliards de dollars des Etats-Unis (aux prix de 1995) pour les armements et les forces armées. Les cinq Etats dotés officiellement d'armes nucléaires ont effectué 57 essais nucléaires. A la fin de l'année, 70 Etats non dotés d'armes nucléaires avaient adhéré au Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP), qui était entré en vigueur en mars 1970.

La population atteint 5,85 milliards d'habitants, soit une augmentation de 2 milliards par rapport à 1972, et croît au rythme de 81 millions d'habitants par an. Environ 80 % de la population mondiale vivent actuellement dans des pays en développement.

Environ 47 % de l'humanité vivent dans des villes ou à proximité, et 18 villes comptent plus de 10 millions d'habitants. Treize de ces « mégapoles » sont situées dans des pays en développement.

POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Près de 500 millions d'automobiles roulent sur les routes dans les pays industrialisés et en développement, où de nombreuses villes connaissent des niveaux de pollution dangereux. La pollution transfrontière est un problème régional et mondial.

LA TERRE ET LE CO₂

Les émissions de dioxyde de carbone provenant des combustibles fossiles et des autres sources atteignent environ 23 milliards de tonnes par an. Les concentrations atmosphériques dépassent 360 ppm, soit environ 20 % de plus qu'il y a un siècle.

L'utilisation d'eau douce a augmenté de deux tiers environ et atteint 4 200 km³ par an. De graves problèmes se posent: 1,4 milliard d'habitants — soit un cinquième de la population — manquent d'eau potable salubre et un dixième ne bénéficie pas d'une bonne hygiène à cause de la pénurie d'eau.

Les combustibles fossiles en fournissent 90 %, soit 3 % de plus qu'en 1991, et affichent une tendance à la hausse après la baisse des années 80.

ELECTRICITE

L'électricité représente environ un tiers de la production totale d'énergie. La consommation mondiale par habitant atteignait 2 200 kWh au milieu des années 90. Par région, des disparités existent toujours: la consommation est de 13 000 kWh en Amérique du Nord, 5 400 en Europe occidentale, 4 200 en Europe orientale, 1 500 en Amérique latine, 1 200 en Asie du Sud-Est, 500 en Afrique et 500 au Moyen-Orient et en Asie du Sud. La production totale d'électricité s'élève à environ 13 000 TWh, dont 17 % (environ 2 200 TWh) sont d'origine nucléaire.

MAITRISE DES ARMEMENTS

Les dépenses militaires mondiales sont d'environ 800 milliards de dollars des Etats-Unis. Avant l'adoption du Traité d'interdiction complète des essais en 1996, sept autres essais ont été effectués, portant le nombre total d'essais réalisés depuis 1945 à plus de 2 040. La réduction des dépenses d'armement se poursuit, mais environ 6 000 bombes nucléaires stratégiques existent encore en Russie et aux Etats-Unis. En juillet 1997, 185 Etats étaient parties au TNP — 180 qui ne sont pas dotés d'armes nucléaires et les cinq Etats qui en possèdent officiellement. La réduction des dépenses militaires fournit des « dividendes de la paix » de plus de 900 milliards de dollars, selon l'Organisation des Nations Unies, mais il est difficile de dire si les fonds excédentaires sont utilisés pour le développement social et économique.