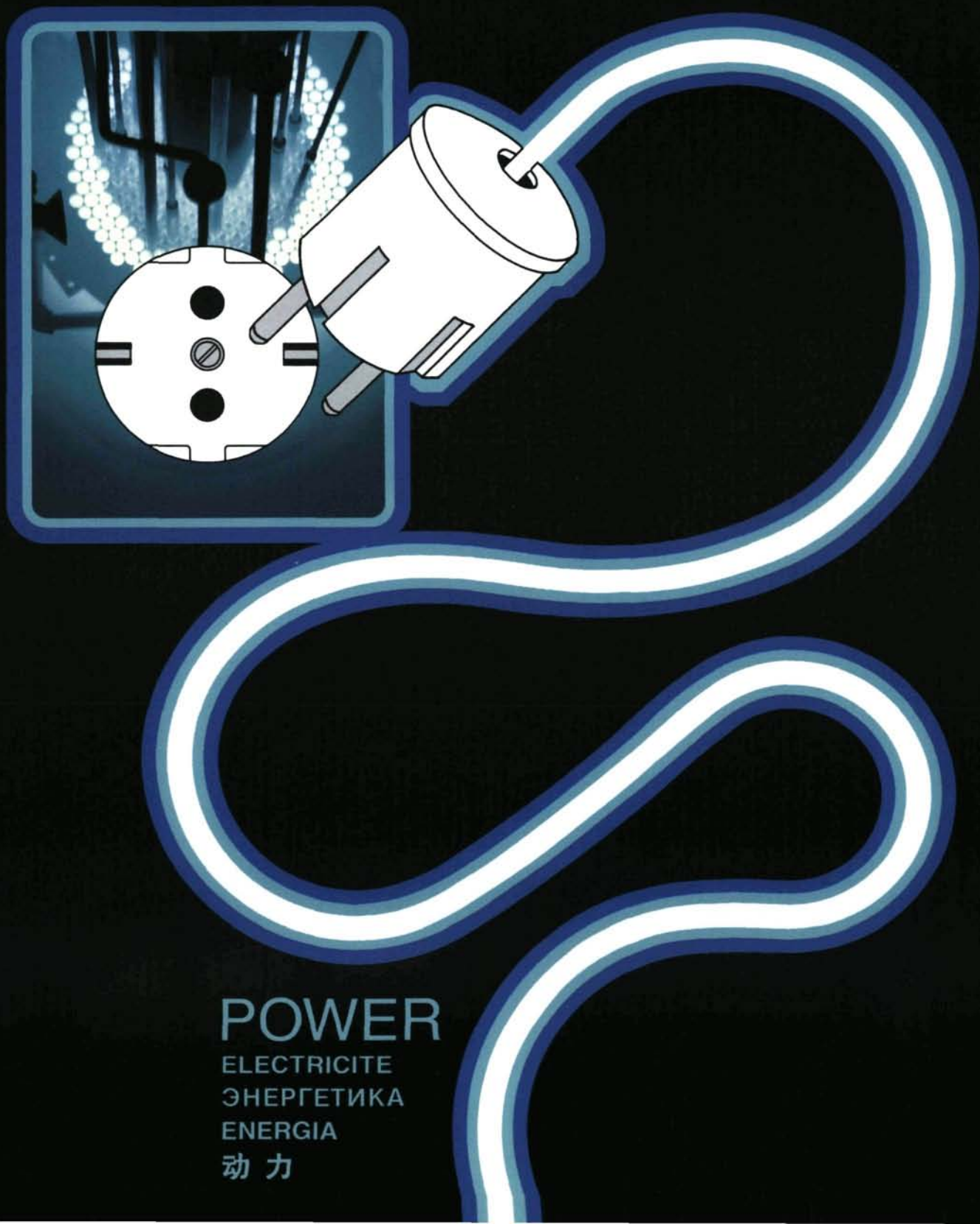


# AIEA BULLETIN



VOL.37, N°2  
1995  
VIENNE, AUTRICHE

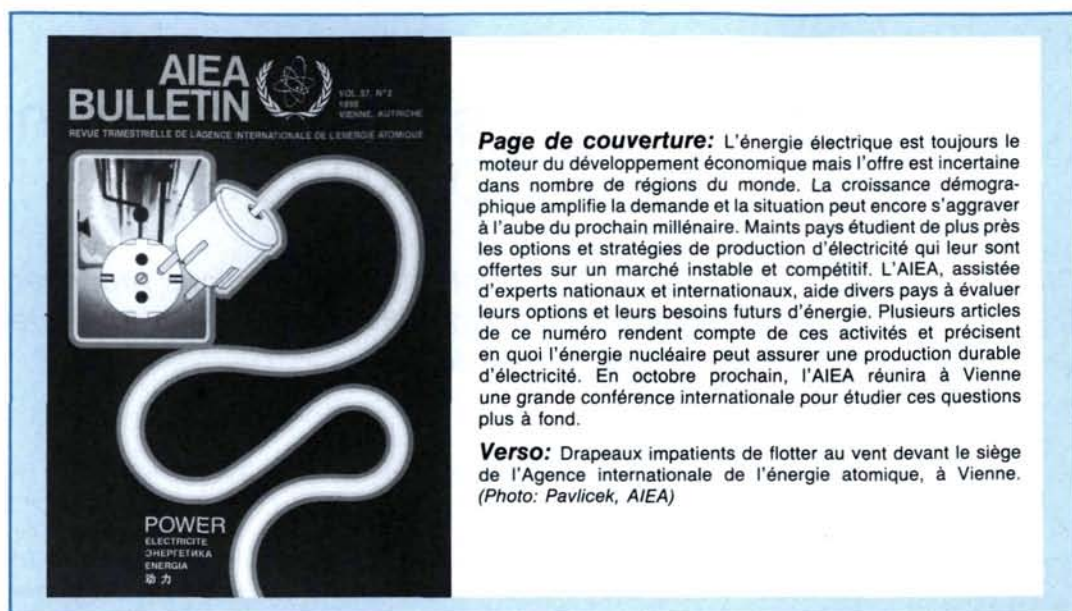
REVUE TRIMESTRIELLE DE L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE



POWER

ELECTRICITE  
ЭНЕРГЕТИКА  
ENERGIA  
动力





**Page de couverture:** L'énergie électrique est toujours le moteur du développement économique mais l'offre est incertaine dans nombre de régions du monde. La croissance démographique amplifie la demande et la situation peut encore s'aggraver à l'aube du prochain millénaire. Maints pays étudient de plus près les options et stratégies de production d'électricité qui leur sont offertes sur un marché instable et compétitif. L'AIEA, assistée d'experts nationaux et internationaux, aide divers pays à évaluer leurs options et leurs besoins futurs d'énergie. Plusieurs articles de ce numéro rendent compte de ces activités et précisent en quoi l'énergie nucléaire peut assurer une production durable d'électricité. En octobre prochain, l'AIEA réunira à Vienne une grande conférence internationale pour étudier ces questions plus à fond.

**Verso:** Drapeaux impatients de flotter au vent devant le siège de l'Agence internationale de l'énergie atomique, à Vienne. (Photo: Pavlíček, AIEA)

## SOMMAIRE

- Perspectives** Electricité, santé et environnement: le projet DECADES  
*Evelyne Bertel / 2*
- Les rayonnements sous leur vrai jour: les risques doivent être mieux compris  
*Franz-Nikolaus Flakus / 7*
- Point de vue:* Comprendre les risques radiologiques: les leçons de la Conférence de Paris  
*Morris Rosen / 12*
- L'énergie nucléaire: option toujours valable  
*L.M. Davies et A.D. Boothroyd / 14*
- L'énergie d'origine nucléaire: formation dans l'intérêt de la sûreté et de la fiabilité  
*F. Mautner Markhof et K.V.M. Rao / 18*
- L'énergie nucléaire et le dessalement de l'eau de mer: le point sur la question  
*Jürgen Kupitz / 21*
- Dossiers** Projet international d'évaluation pour les mers arctiques: état d'avancement des travaux  
*Kirsti-Liisa Sjoebloom et Gordon Linsley / 25*
- Les océanographes et les mers arctiques: mise au point du dossier radiologique  
*Pavel Povinec, Iolanda Osvath et Murdoch Baxter / 31*
- Repères** L'atome au champ: enrichir la terre du paysan  
*Christian Hera / 36*
- 
- Rubriques** Actualités internationales/Données statistiques / **42**
- Nouvelles publications de l'AIEA / **54**
- AIEA Bulletin* 1994/Auteurs et collaborateurs / **55**
- Vacances de postes annoncées à l'AIEA / **56**
- Bases de données en ligne / **58**
- Colloques et séminaires organisés par l'AIEA/  
Programmes de recherche coordonnée de l'AIEA / **60**

# Electricité, santé et environnement: le projet DECADES

*Mise à jour d'un projet interorganisations proposant le schéma d'une évaluation comparative des options et stratégies de production d'électricité*

par  
Evelyne Bertel

Les effets de divers systèmes énergétiques sur l'environnement et la santé, y compris ceux de la production d'électricité, posent désormais des problèmes à l'échelon national et mondial. Aujourd'hui, le débat porte notamment sur les effets pathogènes de la pollution, la détérioration de l'environnement due à l'acidification des forêts et des lacs, la sûreté des centrales nucléaires et de la gestion des déchets radioactifs et le risque potentiel de changements climatiques résultant des concentrations croissantes de dioxyde de carbone et autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Tous les combustibles intervenant dans la production d'électricité comportent des risques pour la santé et affectent d'une certaine façon l'environnement. Ce fait, ainsi que la nécessité pour de nombreux pays de définir leur programme de production d'énergie et d'électricité pour les décennies à venir, mène à la recherche de données, de moyens et de techniques améliorés permettant de faire une évaluation comparative des diverses options de production d'électricité en tenant compte en particulier de l'environnement et de la santé publique.

Les principales réunions au niveau mondial ont toujours souligné depuis le début des années 90 qu'il fallait étudier et mettre en œuvre des stratégies durables dans le secteur de l'électricité (Colloque d'experts de haut niveau sur l'électricité et l'environnement (Helsinki) de 1991, Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de 1992 (CNUED, Rio de Janeiro) et quinzième Conférence du Conseil mondial de l'énergie (Madrid)). L'Action 21 adoptée par la CNUED souligne que le souci de l'environnement et du développement doit intervenir dans le processus de décision. Le deuxième rapport d'évaluation du Groupe intergouvernemental de l'évolution du climat, préparé en 1993 et 1994, précise bien qu'il faudrait évaluer globalement les options visant à mitiger les risques d'un changement climatique mondial et mettre en œuvre des politiques appropriées en vue de promouvoir

les technologies les plus efficaces pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Dans le secteur de l'électricité, les stratégies durables doivent essentiellement chercher à assurer les services énergétiques nécessaires à la croissance économique et à l'amélioration de la qualité de la vie, en particulier dans les pays en développement, tout en réduisant au minimum l'impact des activités humaines sur la santé et l'environnement.

Pendant l'été de 1992, l'AIEA et plusieurs autres organisations ont lancé un projet commun, dénommé DECADES, prévoyant l'évaluation comparative des différentes sources d'énergie servant à la production d'électricité, afin de pouvoir mieux tenir compte des problèmes de santé et d'environnement lors de l'évaluation des diverses chaînes et stratégies de production d'électricité dans le cadre de la planification et des décisions à prendre.

Ce projet est exécuté conjointement par l'AEN/OCDE (Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire), l'AIEA, la BIRD ou Banque mondiale (Banque internationale pour la reconstruction et le développement), la CCE (Commission des Communautés européennes), la CESAP (Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique), l'IIAAS (Institut international d'analyse appliquée des systèmes), l'OMM (Organisation météorologique mondiale), l'ONUDI (Organisation des Nations Unies pour le développement industriel) et l'OPEP (Organisation des pays exportateurs de pétrole). Plusieurs autres organisations internationales, dont le PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement) et l'OMS (Organisation mondiale de la santé), participent au projet dans leurs domaines de compétence respectifs. Le secrétariat du projet se compose de représentants des quatre organisations sises à Vienne (AIEA, IIAAS, ONUDI et OPEP), et coordonne les activités dans le cadre des objectifs définis par le comité directeur mixte du projet.

Nous étudierons dans cet article les principaux éléments du projet, quelques activités choisies et les résultats obtenus à ce jour. Nous parlerons également de l'avenir, et notamment de la conférence internationale qui aura lieu en octobre de cette année, à laquelle des résultats plus détaillés seront présentés pour examen.

Mme Bertel est membre de la Section de la planification et des études économiques, Division de l'énergie d'origine nucléaire de l'AIEA, et travaille sur le projet DECADES.



### Principaux éléments du projet DECADES

Le projet ne traite pas de toutes les questions qu'implique l'évaluation comparative des diverses options et stratégies de production d'électricité. Il vise avant tout à fournir une information complète sur les différentes sources d'énergie utilisées pour produire de l'électricité (combustibles fossiles, énergie nucléaire et sources d'énergie renouvelables) et des moyens commodes permettant à l'utilisateur d'acquérir, d'exploiter et de traiter les renseignements clés dont il a besoin pour planifier et prendre ses décisions.

La première phase du projet (été 1992-été 1995) consiste essentiellement à mettre au point les bases de données et les moyens analytiques pour les études nécessaires à la planification des systèmes de production et à la prise de décisions, et à les appliquer à l'étude des cas particuliers à chaque pays. A l'issue de cette première phase, il est prévu que les organisations participantes considéreront la possibilité d'entreprendre conjointement d'autres activités dans ce domaine en vue d'examiner certaines questions plus à fond et que les études préliminaires de cas seront développées afin de tester et d'expliquer en détail l'emploi des moyens proposés par le projet pour planifier et prendre les décisions dans le secteur de l'électricité.

Les principaux composants du projet sont les suivants:

- Constitution de bases de données, en particulier d'un répertoire complet des techniques précisant les caractéristiques des chaînes énergétiques de la production d'électricité, entre l'extraction du combustible et la gestion des déchets, sans oublier les aspects techniques, économiques, sanitaires et écologiques;
- Mise au point d'un système d'information (logiciel informatique) assurant à l'utilisateur l'accès aux bases de données électroniques, avec recherche, affichage et traitement des données;
- Mise au point d'un logiciel intégrant les aspects techniques, économiques, sanitaires et écologiques dans l'analyse et la planification de l'expansion des systèmes de production d'électricité;
- Compilation et examen des méthodologies, des modèles analytiques et des moyens informatiques d'évaluation comparative, en insistant sur ceux qui facilitent la planification et la prise de décisions dans le secteur de l'électricité;
- Quelques études de cas sur des problèmes particuliers à un pays ou à une région, essentiellement pour illustrer l'exploitation des bases de données et des moyens informatiques en vue de la planification et de la prise de décisions.

**La centrale nucléaire française de Cruas.**  
(Photo EDF: Henri Cazin)

## Les produits DECADES

Les produits du projet, c'est-à-dire les moyens informatiques (y compris les bases de données et les publications), sont destinés aux analystes et planificateurs de l'énergie des services nationaux, notamment des pays en développement, et des organisations internationales. Ils peuvent néanmoins être utiles à un plus large cercle d'utilisateurs et aux groupes qui s'intéressent aux aspects techniques, économiques, sanitaires et écologiques des options de production d'électricité. Aussi ont-ils été spécialement étudiés pour assurer la cohérence, l'homogénéité et la transparence des données et des moyens.

Mis au point et conservés par des organisations internationales, ils seront distribués sur demande à des organisations internationales et des organismes nationaux à but non lucratif. Des ateliers et des séminaires donneront aux utilisateurs l'occasion d'échanger des renseignements et des données d'expérience entre eux et avec les auteurs des bases de données et des outils informatiques.

Les produits sont plus spécialement destinés à faciliter la planification et la mise en œuvre des stratégies d'expansion des réseaux électriques dans les pays en développement. Ces derniers connaissent les taux les plus élevés de croissance de la demande d'électricité ainsi qu'une aggravation rapide de leurs problèmes écologiques; ils ont donc besoin d'une information fiable et de moyens d'un emploi facile pour étudier et mettre en œuvre des stratégies de production d'électricité qui soient économiquement compétitives et écologiquement saines. Les données génériques proposées par le projet ainsi que le dispositif informatique d'acquisition, de mise en mémoire et de traitement des données nationales spécifiques permettront d'élaborer un cadre de planification électrique propre à chaque pays. Les méthodologies qui seront examinées et dont on fera la démonstration serviraient aussi de base à des approches globales et cohérentes adaptables aux circonstances particulières à chaque pays.

Ces produits seraient également utiles aux organisations internationales car ils sont l'expression d'un large consensus quant aux données de référence et aux solutions méthodologiques sur lesquelles se fonderaient les analyses et les études à faire dans les divers pays et régions. Ces organisations les utiliseraient en outre aux fins de leurs programmes d'assistance technique aux pays en développement.

Les produits DECADES se caractérisent essentiellement par leur transparence et leur commodité d'emploi, qualités qui devraient faciliter leur usage par les analystes et les cadres supérieurs des systèmes énergétiques et électriques et par un plus large choix d'utilisateurs moins avertis des problèmes techniques. C'est dans cet esprit que l'on se propose de diffuser les bases de données et les rapports, afin de mieux éclairer les incidences des options et des politiques de production d'électricité.

Ci-après, les produits réalisés jusqu'en avril 1995 et déjà distribués à un certain nombre d'utilisateurs:

- Un système de gestion de bases de données en format électronique avec mode d'emploi, pour ordinateur personnel. L'ensemble comporte une base de données technologiques de référence décrivant les diverses chaînes énergétiques de production d'électricité, avec indication des paramètres techniques et économiques, des émissions et autres déchets à chaque maillon de la chaîne; une structure informatique pour l'établissement d'une base de données spécifique utilisateur/pays; une interface graphique à l'intention de l'utilisateur pour la recherche, l'affichage et le traitement de l'information contenue dans les bases de données.
- Un logiciel intégré pour la planification des systèmes de production électrique utilisable avec un mode d'emploi. Il est exploitable sur ordinateur personnel et comporte les bases de données d'appui constituées au titre du projet, c'est-à-dire la base de données technologiques de référence et les bases de données spécifiques par pays, dans la mesure où les équipes scientifiques nationales les auront établies.
- Un document sur les moyens informatiques d'évaluation comparative des options et stratégies de production d'électricité, contenant des renseignements sur divers moyens informatiques basés sur ordinateur personnel qui sont actuellement disponibles ou devraient l'être prochainement.
- Des rapports intérimaires sur les études de cas en cours afin d'évaluer et comparer diverses stratégies du secteur de l'électricité, compte tenu de leurs aspects techniques, économiques, sanitaires et écologiques. Ces études montrent comment utiliser, pour planifier et décider, les bases de données et les moyens informatiques mis au point et revus dans le cadre du projet.

---

## Les bases de données DECADES

Elles ne concernent pas seulement les techniques actuelles mais aussi les techniques de pointe qui devraient apparaître sur le marché au cours des vingt ou trente prochaines années. Elles sont conçues pour être exploitées sur ordinateur personnel avec un système auxiliaire de gestion.

**Bases de données technologiques.** Elles renseignent sur tous les maillons des diverses chaînes énergétiques — combustibles fossiles, énergie nucléaire et sources d'énergie renouvelables — utilisées pour produire de l'électricité, et précisent les caractéristiques des combustibles et les techniques de réduction des émissions. Le transport et l'utilisation finale de l'électricité ne sont pas traités pendant la première

phase du projet, mais la structure des bases de données et le système de gestion sont assez souples pour inclure ces éléments à un stade ultérieur.

#### Bases de données spécifiques par pays.

Elles sont élaborées par des organismes nationaux, principalement au titre de contrats de recherche ou de travaux scientifiques conclus avec l'AIEA. Les données sur les techniques de production d'électricité de tel ou tel pays ou région sont acquises par des équipes nationales et conservées dans une structure informatique identique à celle de la base de données technologiques de référence. L'AIEA fournit appui et conseils pour l'emploi des systèmes de gestion des bases de données en vue de l'établissement des bases de données par pays. En outre, l'information contenue dans les bases de données technologiques de référence peut servir à compléter et à vérifier la cohérence des données disponibles dans le pays considéré.

**Base de données sur les fournisseurs.** Il serait très important pour les utilisateurs que l'inventaire technologique DECADES contienne des renseignements complets sur les caractéristiques de toutes les installations de la chaîne de production d'électricité offertes par les fabricants. Aussi le comité directeur a-t-il recommandé de constituer une large base de données spécifiques sur les fournisseurs offrant une information quantitative et qualitative sur les matériels et installations actuellement mis sur le marché par les fabricants. Cette base de données sera étudiée pendant la deuxième phase du projet.

**Base de données toxicologiques.** Des données sur le profil toxicologique des polluants rejetés aux différents stades des chaînes énergétiques de production d'électricité sont nécessaires à l'évaluation des effets des émissions sur la santé. La première phase du projet n'épuisera pas la question, mais le comité directeur a recommandé d'acquérir et de mettre en forme dès maintenant l'information nécessaire à cette fin. Le prototype se fonde en grande partie sur une base déjà constituée par le PNUE et l'OMS. Il englobe la plupart des produits chimiques rejetés à tous les niveaux des chaînes énergétiques de production d'électricité. Des renseignements sur la toxicité des produits chimiques radioactifs ont été recueillis pour compléter l'information déjà acquise et préciser les rapports dose-effet relatifs à tous les polluants importants. La nouvelle base contiendra des exposés sur les profils toxicologiques et sur les normes et règles qui fixent les limites d'émission dans les différents pays.

**Base de données sur la santé et l'environnement.** Une base de données relative aux effets des systèmes énergétiques de production d'électricité sur la santé et l'environnement sera constituée afin de grouper les résultats de diverses études et mesures de l'impact sur la santé et l'environnement des différents ensembles d'installations et systèmes de production d'électricité.

### Documents et produits informatiques de DECADES

#### *Documents achevés, en préparation et prévus au titre du projet DECADES:*

- **Projet DECADES — Plan et généralités**
- **Moyens informatiques d'évaluation comparative des options et stratégies de production d'électricité**
- **Bases de données DECADES: généralités et descriptif (en préparation)**
- **Base de données technologiques de référence, vol. 1: généralités et descriptif (document de travail)**
- **Base de données technologiques de référence, vol. 2: mode d'emploi (en préparation)**
- **Base de données technologiques de référence, vol. 3: description de la structure informatique et du système de gestion des données (document de travail pour les spécialistes de la gestion des données)**
- **Logiciel intégré DECADES, vol. 1: généralités et description de la conception et des fonctions du logiciel**
- **Logiciel intégré DECADES, vol. 2: mode d'emploi**
- **Etudes de cas sur l'évaluation comparative des options de production d'électricité, vol. 1: résumé de synthèse (document de travail)**
- **Etudes de cas sur l'évaluation comparative des options de production d'électricité, vol. 2: rapport détaillé sur les études par pays (document de travail)**
- **Manuel sur l'incorporation des considérations économiques, sociales, sanitaires et écologiques à l'élaboration des politiques du secteur énergétique (en préparation)**
- **Electricité, santé et environnement: l'évaluation comparative au service des décideurs, compte rendu d'un colloque prévu pour octobre 1995 (sera publié par l'AIEA)**

#### *Bases de données informatisées et logiciels:*

- **Base de données technologiques de référence et système de gestion des bases de données (publié)**
- **Logiciel intégré DECADES, Phase 1 (publié)**
- **Base de données toxicologiques (en préparation)**
- **Base de données relatives aux effets des systèmes énergétiques de production d'électricité sur la santé et l'environnement (en préparation)**

### Moyens analytiques

Bien que plusieurs méthodologies, modèles et moyens existent déjà ou sont à l'étude pour faire une évaluation comparative des options et stratégies énergétiques/électriques, aucun d'entre eux ne comporte tous les éléments nécessaires à une approche globale. Les utilisateurs éventuels ont donc besoin de renseignements sur les différentes façons de procéder et sur leurs possibilités et limites. Dans le cadre du projet, les méthodes et les modèles d'évaluation comparative ont été examinés en vue d'élaborer des moyens analytiques utilisables sur les ordinateurs personnels que l'on peut se procurer à peu de frais ou même gratuitement. Un projet de répertoire détaillé des moyens disponibles a été préparé. Un groupe d'experts internationaux de l'AIEA et de la Banque mondiale rédige actuellement un manuel

de référence traitant plus spécialement de l'incorporation des aspects économiques, sociaux, sanitaires et écologiques à l'élaboration des politiques du secteur de l'électricité.

Un logiciel intégré a été conçu pour faciliter l'évaluation comparative des options et stratégies retenues pour la planification de l'expansion des systèmes. Le logiciel exploité pendant la première phase du projet sélectionne et soumet à une première évaluation les options qui mériteraient d'être étudiées plus à fond. Il comporte des modules analytiques applicables aux systèmes, à la production d'énergie primaire et à l'environnement, qui procèdent des solutions méthodologiques et des codes informatiques mis au point par l'AIEA en collaboration avec l'Argonne National Laboratory des Etats-Unis (modèle viennois de planification automatique des systèmes (WASP) et programme d'évaluation de l'énergie et de l'électricité).

### Etudes de cas

Leur objet et leur portée ont été définis par les équipes scientifiques nationales. Elles concernent avant tout des problèmes concrets que les analystes et les planificateurs auront à résoudre au service des décideurs.

L'AIEA a mis en œuvre deux programmes de recherche coordonnée qui offrent un dispositif et un appui aux organismes nationaux des Etats Membres désireux d'entreprendre des études de cas dans leur pays. Elle assiste aussi des études par d'autres moyens. Quelques études sont réalisées par d'autres organisations qui participent au projet DECADES, dont la BIRD, la CESAP et l'ONUDI, et viendront s'ajouter à la série des études de cas du projet.

Les deux programmes de recherche coordonnée ont été lancés au cours des deux dernières années. Le premier, entrepris en décembre 1993, comporte essentiellement des études de cas visant à évaluer et à comparer la contribution potentielle du nucléaire et d'autres options à la réduction des émissions et des déchets de la production d'électricité. Des contrats et accords de recherche ont été signés avec dix-neuf Etats Membres. Le second programme, mis en œuvre en avril 1994, a pour objet de comparer les risques que le nucléaire et les autres systèmes énergétiques présentent pour la santé et l'environnement. Onze équipes scientifiques participent à ces travaux. Des rapports sur chaque étude de cas seront préparés par les équipes nationales et publiés dans la collection des documents du projet DECADES.

### Repères et orientations futures

En octobre 1995, l'AIEA et ses partenaires de DECADES réuniront un colloque international sur l'électricité, la santé et l'environnement: l'évaluation comparative au service des décideurs. Ce sera un événement marquant du projet. Des séances techniques et des tables rondes sur divers sujets feront le bilan des résultats du projet et d'études internationales et nationales. Les moyens informatiques à la disposition des décideurs chargés des évaluations comparatives feront aussi l'objet d'une démonstration. Le colloque offrira une précieuse contribution pour compléter l'information sur les sujets concernant l'évaluation des options de production d'électricité.

Les résultats obtenus grâce à DECADES sont jusqu'à présent encourageants. Nombre d'experts, en particulier de pays en développement, se sont déclarés intéressés par le projet. Plus de quinze organismes nationaux utilisent déjà la base de données technologiques de référence. En outre, bon nombre de ces pays ont demandé une formation à l'emploi du logiciel intégré.

Cette année, les plans de travail font une grande place à la maintenance, au perfectionnement et à la diffusion des produits et des moyens offerts par le projet. Les activités comportent l'examen systématique, par des experts, de l'information contenue dans la base de données technologiques de référence ainsi que le développement de l'information numérique, écrite et graphique. De nouveaux ateliers sont également créés pour aider les équipes nationales à constituer des bases de données spécifiques pour leur pays. De même, on met la dernière main en vue de leur exploitation aux bases de données toxicologiques, sanitaires et écologiques et de nouvelles améliorations sont apportées au logiciel de DECADES pour la planification des systèmes électriques.

Nombre d'activités du projet tirent profit de programmes des organisations participantes en cours d'exécution. A cet égard, l'AIEA prévoit de continuer pendant plusieurs années à assister spécialement les activités liées au projet DECADES par l'intermédiaire de son programme d'évaluation comparative du nucléaire et des autres sources d'énergie. Les points forts de ce dernier sont les projets nationaux et régionaux de coopération technique destinés à aider les pays à exploiter les moyens et les modèles informatiques pour déterminer leurs besoins d'électricité et procéder à une évaluation réaliste des risques et des avantages de telle ou telle technologie.



# Les rayonnements sous leur vrai jour: les risques doivent être mieux compris

*Rapport d'une conférence internationale qui a étudié  
pourquoi les risques radiologiques sont si communément mal compris*

**D**epuis un siècle, peu de sujets du domaine nucléaire retiennent autant l'attention du public et des milieux scientifiques que les problèmes relatifs aux rayonnements. D'après les annales scientifiques et le débat public, il apparaît clairement que les risques radiologiques réels et perçus sont communément mal compris. Un abîme sépare ce que les scientifiques savent effectivement sur les effets des rayonnements et sur ce que le public en général croit être vrai. Au mieux, disons que la communication s'est avérée difficile.

A l'échelon local et national, les services d'information sur le nucléaire s'efforcent tout spécialement depuis nombre d'années de combler les lacunes de la communication. Sur le plan mondial, la question est maintenant abordée de façon plus directe. En automne dernier, l'AIEA a parrainé la première réunion internationale importante consacrée à la compréhension des risques radiologiques\*. Plus de quatre cents responsables de services de santé et de réglementation, sociologues, spécialistes des rayonnements, journalistes et informateurs nucléaires de cinquante pays et de neuf organisations internationales ont assisté à cette conférence réunie pendant une semaine au Carrousel du Louvre, à Paris, à l'invitation de la France, et accueillie par l'Institut français de protection et de sûreté nucléaires (IPSN) (voir l'encadré).

Nous examinerons dans cet article quelques-unes des questions étudiées à la conférence et tenterons d'éclaircir les problèmes de l'amélioration de la communication sur les rayonnements, et de la compréhension des risques qu'ils présentent.

## Le dossier scientifique et l'opinion publique

La conférence comportait des séances techniques consacrées à des sujets et à des études de cas qui ont souvent donné lieu à de mauvaises interprétations. En voici la synthèse.

M. Flakus est un cadre du Département de l'énergie et de la sûreté nucléaires de l'AIEA; il était secrétaire scientifique de la conférence de Paris.

**Evaluation des effets pathogènes des rayonnements.** L'état actuel des connaissances nous permet de discerner deux sortes d'effets des rayonnements ionisants sur la santé: les *effets déterministes*, responsables avant tout de la destruction des cellules (brûlures de l'épiderme) et les *effets stochastiques* qui altèrent les cellules (cancer ou troubles génétiques). Les effets déterministes se manifestent au-dessus d'un certain seuil et s'aggravent en fonction de la dose. Quant aux effets stochastiques, c'est leur *probabilité* qui augmente en fonction de la dose. Plusieurs étapes caractérisent la carcinogenèse. Une période de latence relativement longue précède nécessairement le moment où le diagnostic clinique devient possible.

Les effets stochastiques des rayonnements ne peuvent se distinguer aujourd'hui d'effets analogues dus à d'autres agents (tabac ou produits chimiques). Il s'ensuit qu'ils ne peuvent être détectés que par des études épidémiologiques comparant des groupes de population exposés et non exposés. Les effets des faibles doses de rayonnement ne sont appréciés que si l'étude porte sur un grand nombre de sujets. L'étude épidémiologique la plus importante est le suivi, depuis plus de quarante ans, des survivants de Hiroshima et de Nagasaki (voir l'encadré, page 10). Les estimations du risque de cancer qu'elle a permis de faire ont été confirmées par d'autres études, dont l'une a porté sur un nombre effectif de travailleurs du secteur nucléaire du Canada, des Etats-Unis et du Royaume-Uni.

L'information sur les troubles génétiques ne provient que d'expériences sur les animaux et les travaux épidémiologiques ne font pas la preuve de ces effets. Pour évaluer le risque qu'implique l'effet carcinogène des rayonnements, il faut faire plusieurs hypothèses et utiliser des modèles. Dans la plupart des cas, le risque supplémentaire de cancer dû à

\* Conférence internationale intitulée «Rayonnement et société: comment appréhender le risque radiologique», réunie du 24 au 28 octobre 1994, à Paris. Les comptes rendus doivent être publiés par l'AIEA en trois volumes, dont le premier vient de paraître. Pour passer commande, voir rubrique *Nouvelles publications*.

par  
**Franz-Nikolaus  
Flakus**

l'irradiation est proportionnel à l'incidence spontanée du cancer dans la population considérée.

Quels effets tardifs a-t-on constatés parmi des populations vivant en haute altitude ou dans des endroits où la radioactivité est assez élevée — sur les sables à monazite ou dans des habitations très exposées au radon? Les résultats de quelques-unes des études signalées à la conférence indiquent que le risque d'induction du cancer est faible parmi ces groupes.

Nos connaissances scientifiques sur les effets des rayonnements ne pourront que s'enrichir au cours

des années à venir. Les progrès de la biologie moléculaire moderne, par exemple, permettront peut-être de déterminer la radiosensibilité de chaque personne et de conclure si un cancer ou un trouble génétique est dû ou non aux rayonnements.

**Effets des rayonnements sur l'environnement.** La protection des végétaux et des animaux était au cœur du débat. En effet, la radioprotection des populations peut ne pas suffire à préserver le monde végétal ou animal, notamment lorsque ces organismes vivent près de sources radioactives potentiellement dangereuses qui n'affectent pas les populations éta-

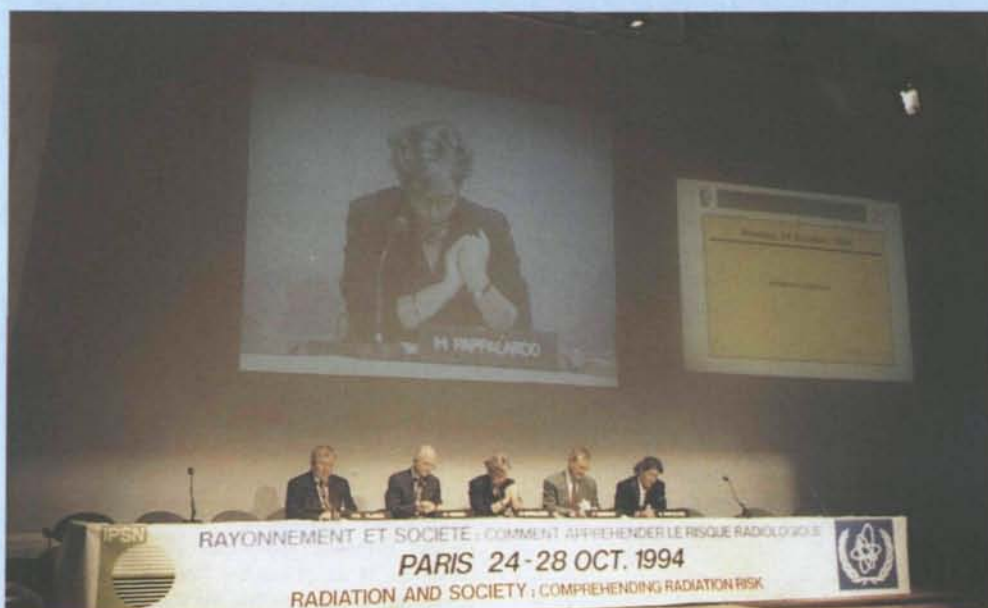
### La Conférence internationale sur les rayonnements et la société

Première de son genre à l'échelle mondiale, cette conférence d'octobre 1994 a suscité un vif intérêt parmi les dirigeants et les médias, et son envergure même a facilité le libre échange des idées et des opinions. Orienté vers le débat, son programme comportait trois volets:

- Trois «journées techniques» dont l'ordre du jour comportait cinq domaines techniques groupant diverses questions d'actualité et cinq séances d'études de cas;
- Une «journée des médias», portant sur les sujets traités aux séances techniques et d'études de cas; les effets pathogènes des rayonnements dans le contexte des polluants de l'environnement; la communication de renseignements sur le risque radiologique; l'analyse médiatique des études controversées de cas d'irradiation; l'influence des médias sur l'élaboration des politiques;
- Une «journée des décideurs» sur les aspects économiques, sociaux et politiques intervenant dans les décisions impliquant un risque d'irradiation.

A côté des séances plénières, plus de 80 affiches scientifiques étaient exposées. Avant la conférence, 12 exposés d'orientation avaient été préparés comme base de discussion. L'Académie suédoise du risque, Riskkollegiet, avait rédigé dix mémoires sur la compréhension des risques radiologiques, le concept de probabilité, la perception du risque, l'interprétation des résultats épidémiologiques, les problèmes de l'évaluation des risques radiologiques, les causes de la mortalité mondiale, les niveaux de rayonnement, les problèmes de la comparaison des risques, la communication de renseignements sur le risque, l'éthique et le risque. Deux documents d'information complémentaires traitant de l'impact des rayonnements sur l'environnement et de la gestion des risques radiologiques avaient été préparés par l'Institut français de protection et de sûreté nucléaire (IPSN).

Les personnalités ci-après ont pris la parole: Madame Michèle Papalardo, directeur de cabinet du Ministre français de l'environnement; M. P. Vesseron, directeur de l'IPSN; M. Hans Blix, directeur général de l'AIEA; M. Morris Rosen, directeur général adjoint de l'AIEA pour la sûreté nucléaire. Ci-dessous de gauche à droite, M. F.N. Flakus, secrétaire scientifique de la conférence; M. Rosen; Mme Papalardo; M. Vesseron; et Mme N. Parmentier, présidente du comité directeur de la conférence.



blies un peu plus loin. Les experts ont fait remarquer que cette situation est exceptionnelle. En effet, les humains, les plantes et les animaux vivent généralement dans un même périmètre et les mesures de radioprotection de l'homme valent aussi pour les autres espèces.

Les dommages causés à l'environnement par les rayonnements sont presque exclusivement dus à des accidents ou à l'usage d'armes nucléaires. Il n'est pas prouvé que l'exploitation normale d'installations nucléaires ait nui à l'environnement. De fait, les participants ont demandé instamment que l'on insiste davantage sur les effets positifs de l'énergie nucléaire, notamment sur son effet réducteur des émissions responsables de la pollution de l'environnement et de la détérioration du climat.

Divers pays envisagent de définir des critères de radioprotection de l'environnement. Certains participants ont craint que l'on puisse y voir à tort un signe d'encouragement à l'adresse des scientifiques non nucléaires et du public. Il y a peut-être des raisons éthiques et autres de vouloir fixer de tels critères, mais la réglementation devrait s'adresser universellement à tous les polluants de l'environnement plutôt qu'à un seul.

**Perception des risques radiologiques.** Elle dépend de nombreux facteurs, dont le contexte dans lequel le danger se manifeste, la nature de ce danger et le caractère de l'individu qui porte le jugement.

Généralement, l'homme ne se préoccupe pas spécialement des circonstances qu'il pense pouvoir contrôler. La controverse sociale et l'indignation du public sont aisément amorcées par des scénarios d'événements qui risquent d'avoir de graves conséquences mais ont peu de chance de se produire. Les réactions tendent à être plus vives aux dangers qu'aux ouvertures ou aux avantages pour l'avenir.

Certains refusent le nucléaire parce qu'ils n'acceptent pas de risques supplémentaires dans une société déjà trop exposée au danger; d'autres lui sont en revanche favorables. Chez la plupart, néanmoins,

l'attitude la plus commune envers les installations nucléaires ou tout autre type de grand établissement industriel consiste à dire «pas dans mon voisinage». Ce qui prime pour eux, ce sont les effets négatifs réels ou perçus, négligeant ainsi bien souvent les aspects positifs de l'installation ou de la technologie industrielle envisagée.

Cette réaction tient souvent à des influences culturelles, politiques et idéologiques ainsi qu'à des problèmes de crédibilité. Souvent aussi, un accident grave a pour principale conséquence la perte de confiance du public dans l'aptitude des autorités à gérer la complexité du système social et technologique. La confiance peut revenir si les autorités adoptent une politique d'ouverture, tiennent compte des souhaits de la collectivité et s'efforcent de bien faire comprendre tant les risques que les avantages.

D'une façon générale, la question de la perception des risques radiologiques peut se compliquer plus qu'on ne le pense. Les risques pour la santé qu'implique l'exposition au radon dans les habitations et les bâtiments sont habituellement jugés *moindres* que les scientifiques ne le prétendent, et cela pour plusieurs raisons: le risque est volontairement accepté, il est lié au foyer, il n'est imposé par personne et l'on ne saurait affirmer qu'un tel ou un tel est mort d'un cancer dû au radon.

**Foyers de cancer et de leucémie.** La conférence a examiné diverses études de ce que l'on appelle communément les «foyers de cancer». Le débat a montré qu'il est pratiquement impossible de distinguer un foyer *apparu a posteriori* par hasard d'un autre qui est dû à une aggravation locale du risque. L'approche scientifique consiste à étudier *a priori* les sources présumées de risque. Telle est la démarche des études de la leucémie infantile dans les environs des installations nucléaires par exemple, lesquelles n'ont révélé que peu d'indices, sinon aucun, d'une incidence accrue.

Le problème de la couverture médiatique et de la communication avec le public a également été discuté. On a fait observer que les scientifiques, lorsqu'ils informent le public, devraient non seulement souligner que «le risque est faible», mais aussi s'efforcer de considérer la question du point de vue du public et tenir compte des facteurs qui peuvent influencer sa perception du risque.

**L'évacuation des déchets radioactifs et l'environnement.** Les aspects techniques et philosophiques de l'évacuation des déchets de haute activité, y compris l'aptitude à prévoir où en sera, loin dans l'avenir, la sûreté des dépôts de déchets radioactifs, ont été au centre du débat sur ce thème. Les scientifiques ont admis que les incertitudes des prédictions portant sur une si longue période étaient inévitables, tout en précisant que l'on disposait de divers moyens de garantir la sûreté. La fiabilité de ces évaluations à long terme s'appuie sur les comparaisons que l'on peut faire avec des conditions analogues de l'environnement naturel.

### Importance relative des effets

Environ la moitié de la morbidité mondiale est due à la présence de toutes sortes de substances ou d'organismes en quantités excessives dans notre environnement. Des mesures simples peuvent atténuer ces effets et l'on peut améliorer sensiblement la santé à peu de frais. Environ 1% de la morbidité mondiale est imputable aux effets des rayonnements ionisants. Y contribuent principalement le rayonnement naturel, les traitements médicaux et les retombées des essais nucléaires. Les sources radioactives industrielles comptent pour moins de 1% de cette fraction.

### Le legs de l'armement nucléaire

Des armes nucléaires, nous avons hérité essentiellement deux choses — leur mise en œuvre à deux reprises il y a 50 ans, en août 1945, à Hiroshima et Nagasaki; et leur emploi en puissance, représenté par les essais, avec rejets dans l'environnement de matières radioactives.

Sur les quelque 600 000 habitants que comptaient Hiroshima et Nagasaki au moment où les bombes ont été lâchées, environ 180 000 sont morts sur le coup, principalement sous l'effet de l'onde de choc et des hautes températures aggravées par l'irradiation. Une centaine de milliers de survivants des deux cités, qui avaient reçu une dose moyenne de 0,2 Gy, sont suivis médicalement depuis plus de 40 ans. Jusqu'en 1994, moins de 50% de ces survivants sont décédés; environ 8 000 d'entre eux sont morts de cancers, dont à peu près 5% ont été attribués à l'irradiation par la bombe atomique. Parmi le groupe de survivants étudiés, la réduction moyenne de l'espérance de vie individuelle est inférieure à un an. Toutefois, elle atteint 12 ans en moyenne chez les sujets morts d'un cancer solide radio-induit et 26 ans chez les leucémiques.

Des études ont actuellement pour objet les effets génétiques sur la progéniture des survivants. Aucun effet probant n'a été constaté dans la première génération de sorte que l'on peut s'attendre à des effets insignifiants, sinon nuls, dans les générations suivantes.

Les facteurs de risque déduits de l'étude des survivants ont servi à fixer des normes de radioprotection. De nombreux efforts ont été faits pour publier et diffuser des données scientifiques parmi le grand public. La terminologie utilisée demeure toutefois difficile pour le profane et il faut s'efforcer de présenter une information plus compréhensible.

Pourquoi l'option nucléaire semble-t-elle être mieux acceptée au Japon qu'ailleurs? La question a été soulevée à la conférence et plusieurs raisons ont été avancées: l'adhésion scrupuleuse du Japon, inscrite dans la loi, à l'utilisation strictement pacifique de l'énergie nucléaire; la distinction bien nette entre cette forme d'énergie et la bombe; les règles strictes de sûreté nucléaire; la participation des collectivités locales, y compris les mesures de compensation financière; l'engagement politique à mieux faire comprendre et accepter l'énergie nucléaire.

*Les essais d'armes nucléaires.* Entre 1945 et 1980, un total de 520 essais nucléaires a été effectué dans l'atmosphère, principalement par l'ex-Union soviétique et les Etats-Unis, mais aussi par le Royaume-Uni, la France et la Chine. L'énergie totale ainsi libérée équivaut à 545 mégatonnes de TNT. Ces essais s'accompagnaient d'importants rejets de radionucléides dans l'atmosphère, qui contaminèrent l'environnement du monde entier. Ce sont les populations vivant aux alentours des polygones d'essai qui ont reçu les plus fortes doses de rayonnement.

Outre les essais atmosphériques, plus de 1 000 essais souterrains ont eu lieu, causant occasionnellement de faibles rejets de matières radioactives dans l'atmosphère.

Par ailleurs, plusieurs accidents sont survenus dans l'industrie de l'armement nucléaire, les plus graves en 1957 à Windscale au Royaume-Uni et à Kyshtym en Russie. Les doses de rayonnement et les effets sur la santé résultant des rejets dans l'environnement au début de la production d'armes nucléaires, dans les années 40 et 50, sont à l'étude en Fédération de Russie ainsi qu'aux Etats-Unis.

Quant au transport de déchets d'un pays à l'autre, le débat a souligné qu'il faut prendre des mesures interdisant de livrer des déchets à des pays qui ne disposent pas des ressources et de la technologie nécessaires pour en assumer la gestion. La position actuellement adoptée, qui tient à des considérations plus politiques qu'économiques ou de sûreté, est que chaque pays devrait gérer lui-même ses propres déchets radioactifs. Vu le nombre de petits pays qui ont à résoudre le problème, une bonne solution consisterait à prévoir des dépôts régionaux à leur intention.

### Les médias, les scientifiques et les décideurs

Au cours de trois réunions d'information, scientifiques, journalistes, dirigeants et autres participants à la conférence ont examiné les facteurs intervenant dans la perception du risque et dans la communication de renseignements sur le risque radiologique, ainsi que l'influence des médias et du public sur l'élaboration des politiques.

Il faut distinguer entre la réalité scientifique du risque radiologique et l'approche médiatique de l'information sur ce risque. Les communications des scientifiques sont nécessairement fondées sur des statistiques, alors que le public veut essentiellement savoir s'il y a risque ou non. Cela dit, la plupart des gens ont des difficultés à comprendre la quantification de la probabilité et acceptent mal que la probabilité ne soit jamais nulle. Le public pense généralement que le risque inhérent aux rayonnements naturels est inévitable, mais il ne veut pas que son existence soit exposée à de nouveaux risques ou autres aléas.

Pour les scientifiques, ces réunions ont éclairé quelques points importants de la communication effective. Le scientifique joue un rôle important en offrant une information fiable, non spéculative, pour créer la confiance. La transparence étant une condition de la crédibilité, il devrait renseigner en termes simples et préparer une documentation de référence plus détaillée.

La communication devrait aussi se faire sans délai. Les premières nouvelles sont celles qui frappent le public. La communication différée semble être une défensive et n'est qu'une faible réponse. Au cours du débat, le scientifique devrait accepter de discuter les mauvaises nouvelles aussi bien que les bonnes afin de gagner en crédibilité et d'installer la confiance. Cette confiance entre scientifiques et journalistes pourrait être encore renforcée par des séminaires et des ateliers d'actualité.

Les séances de la conférence sur le processus de décision étaient destinées à des cadres supérieurs du niveau ministériel, invités à parler de la logique et de la stratégie de la prise de décisions concernant les

problèmes radiologiques. Plusieurs aspects du sujet ont été abordés, dont la question de savoir en quoi les impressions du public, les avis des experts et l'information persuasive peuvent influencer sur le processus de décision.

Il a été précisé que la prise de décisions devait en l'occurrence tenir compte de considérations essentielles, c'est-à-dire prendre acte du risque en discussion, s'engager à protéger contre ce dernier et agir ensuite en fonction de cet engagement. En résumé, il faut chercher à créer un climat qui puisse convaincre le public que tous les aspects du problème, y compris les mauvaises nouvelles, sont examinés dans le détail, et favorise la libre expression des différents points. Les structures et pratiques politiques ainsi que les voies médiatiques peuvent servir à cette fin. Il a été souligné, en outre, qu'il importait d'exposer clairement au public la législation pertinente, afin de lui faire bien comprendre les lois et les principes sur lesquels repose la protection contre les risques.

### Un pas en avant

Première mondiale dans son domaine, la conférence de Paris a marqué un grand progrès dans une évolution qui, sans nul doute, demandera encore beaucoup de temps, d'attention et de ressources. Un effort concerté de la part des scientifiques, des journalistes, des dirigeants et du public sera nécessaire pour améliorer la communication et la compréhension en matière de risques radiologiques.

La conférence a clairement montré que les problèmes de l'information sur la sûreté radiologique diffèrent d'un pays à l'autre. Par ailleurs, les mesures à prendre sur le plan international pour améliorer la situation doivent être adaptées aux circonstances de chaque pays (problème du radon aux Etats-Unis, effets de l'accident de Tchernobyl sur la santé en Ukraine et au Bélarus).

La conférence a également souligné la difficulté de décrire la réalité scientifique des effets des rayonnements sur la santé en termes qui parlent aux profanes, mais elle a contribué à éclairer les problèmes qui entravent une meilleure compréhension et mis en évidence qu'il fallait redoubler d'efforts pour placer le problème des rayonnements dans sa vraie perspective, en développant l'information sur les études comparatives des risques radiologiques et autres dangers.

Il n'y a pas, semble-t-il, de recette magique pour résoudre dans l'immédiat le problème complexe de la compréhension des risques radiologiques, mais la conférence de Paris n'en représente pas moins un grand pas en avant, car elle a mis en présence des milieux qui ne cessent de rechercher la solution des problèmes de communication.

### L'accident de Tchernobyl: expliquer les effets

Bien que son ampleur et ses conséquences soient apparues très tôt, l'accident de Tchernobyl de 1986 s'est caractérisé par les lacunes de la communication entre la population, les dirigeants politiques, les journalistes et les experts, d'où la confusion responsable de la méfiance du public à l'égard des nouvelles qu'on lui donnait. Juste après l'accident, l'Organisation mondiale de la santé publiait un rapport contenant des conclusions et recommandations raisonnables signalant spécialement ce qui différenciait les mesures prises par divers pays. Or, plutôt que de chercher à concilier ces variantes, de trop nombreux scientifiques se sont livrés à des spéculations sur les effets possibles de l'accident. Résultat, le public se trouvait devant des prévisions de 10 000 à 500 000 cas de cancer mortel, que les médias présentèrent parfois, à tort, comme des cas de mort subite.

Plusieurs années après l'accident, les médias publièrent certaines informations décrivant des malformations d'animaux et de végétaux. Des vaches, d'autres animaux et des plantes sensibles comme le pin mouraient à la suite d'une exposition à de fortes doses de rayonnement. Or, aucune preuve de dommages ou de malformations entraînant la mort à grande échelle n'avait été confirmée. On ne voyait essentiellement que les effets qui se manifestaient dans la zone d'exclusion de 10 km autour du site de Tchernobyl.

**Projet international pour Tchernobyl.** En 1991, au titre de ce projet, l'AIEA étudia les conséquences radiologiques de l'accident, à l'exception de certains aspects, tels que l'état de santé des équipes d'intervention sur le site même, ce qui a permis de parvenir à la conclusion générale que l'on ne constatait, en 1990, aucun effet sur la santé qui soit directement lié à la radioexposition, mais que l'on devrait s'attendre à quelques cancers de la thyroïde chez les enfants. Des troubles dus au choc traumatique consécutif à l'accident ont été observés, que les sujets aient été ou non effectivement irradiés. Nombreux fut le public, politiciens et quelques experts y compris, qui refusa cependant ces conclusions.

Actuellement, quelques indices commencent à apparaître. Le scepticisme fut la première réaction des milieux scientifiques à leur égard vu la courte période de latence à considérer, et comparaison faite avec les résultats d'autres études. Plusieurs rapports récents sur cette question confirment l'incidence accrue de cancers de la thyroïde au Bélarus, en Fédération de Russie et en Ukraine chez des enfants de divers groupes d'âge. Ces cas semblent apparaître en général dans les groupes qui ont reçu des doses évaluées entre 1 et 2 Gy.

**D'autres effets apparaissent.** La conférence a également été informée de certaines affections apparues parmi les membres des équipes d'intervention de Tchernobyl que l'on ne saurait normalement attribuer à une radioexposition. Il s'agit de maladies nerveuses, de troubles sanguins et circulatoires et de dérangement psychique. Plusieurs spécialistes présents à la conférence ont précisé que le phénomène semblait limité à la région considérée, mais que le dénominateur commun était une certaine exposition à l'accident de Tchernobyl. D'aucuns ont estimé qu'il faudrait rechercher les effets analogues qui se manifesteraient parmi d'autres populations précédemment exposées à de fortes irradiations, tels les survivants des bombardements de Hiroshima et Nagasaki et les habitants des environs des polygones d'essais nucléaires des îles Marshall.

## POINT DE VUE

### Comprendre les risques radiologiques: les leçons de la Conférence de Paris

La compréhension des risques radiologiques constitue un problème majeur auquel est confrontée la société d'aujourd'hui. Tout professionnel de ce secteur a sûrement connu des expériences semblables à celle que je vais rapporter. Lors de mes déplacements en avion, il n'est pas rare que j'engage la conversation avec mon voisin, personne généralement d'un bon niveau d'instruction. Très vite, il découvre que je travaille dans le domaine de la sûreté nucléaire et, inévitablement, la conversation s'oriente vers le problème des rayonnements et de leurs effets sur la santé.

«Que pouvez-vous me dire sur Hiroshima ou sur la contamination de l'environnement provoquée par Tchernobyl?» Je commence par répondre que, tandis que nous parlons, nous recevons un flux ininterrompu de rayonnements divers provenant de l'ensemble de l'univers et aussi de la nourriture que nous consommons. Après cette entrée en matière, j'ajoute qu'un grand nombre de victimes d'Hiroshima ne sont pas mortes des conséquences directes de l'irradiation mais de l'explosion elle-même et de l'onde thermique qu'elle a engendrée. En effet, sur les 80 000 survivants fortement irradiés, moins de 500 ont souffert de maladies directement imputables à l'irradiation. Cette information nouvelle suscite l'incrédulité de mon interlocuteur. Pourtant, les chiffres sont là. Environ 8 000 survivants des explosions nucléaires sont effectivement morts d'un cancer par la suite, mais les études épidémiologiques montrent que moins de 500 cas sont directement imputables à la radioexposition, tous les autres étant dus à des tumeurs courantes qui nous menacent tous, survivants d'Hiroshima ou non. Il semble que la plupart d'entre nous, même les professionnels de notre secteur, ne réalisent pas ou ne veulent pas admettre que le cancer est une maladie très répandue, qui représente 25% des décès.

Ma réponse à la seconde question de mon voisin suscite chez lui la même défiance. Le fait que la contamination de l'environnement par l'accident de Tchernobyl représente un impact radiologique global équivalent à vingt jours supplémentaires d'exposition au fond naturel de radioactivité est sûrement plus difficile à appréhender, et encore plus à comprendre. Il en va de même des effets sur la santé des populations environnantes, suffisamment bénins pour ne pas apparaître dans les études épidémiologiques, à l'exception, guère surprenante mais regrettable, des cas de cancer de la thyroïde chez l'enfant, dont le nombre semble avoir augmenté.

D'où vient l'incrédulité de mon voisin? Sûrement d'une perception différente des choses. Et pourquoi? Nombre d'entre nous se sont montrés très pessimistes quant à notre aptitude à traiter la perception des risques radiologiques par le grand

public. Les rayonnements restent un phénomène mystérieux, immatériel et dissimulé, implicitement lié à la guerre.

Pour approfondir cette question, l'AIEA a organisé à Paris, sur invitation de la France, la conférence internationale intitulée: «Rayonnement et société: comment appréhender le risque radiologique», première grande réunion du genre consacrée à ce sujet; plus de quatre cents participants en provenance de cinquante pays et neuf organisations internationales y ont assisté.

La conférence visait à mieux faire comprendre les risques attribués à l'exposition aux rayonnements ionisants, sujet d'intérêt majeur pour toutes les personnes concernées par les applications du nucléaire au secteur de la santé, par l'amélioration des produits agricoles ou encore par la production d'électricité ou de biens de consommation et industriels. La nombreuse assistance, composée de techniciens de haut niveau, d'éminents sociologues, de décideurs et de professionnels des médias, témoignait du vif intérêt que suscite cette question auprès du grand public, et de la façon dont elle est perçue. La conférence ne se proposait pas d'apporter des informations techniques supplémentaires, mais bien d'améliorer la perception des risques radiologiques en facilitant la compréhension des faits scientifiques relatifs aux effets de l'irradiation sur la santé, mais aussi et surtout en les présentant sous une forme utile pour le public et les décideurs.

De fait, l'objectif recherché péchait peut-être par excès d'ambition, car la conférence n'a connu qu'un succès limité en ce qui concerne la compréhension des risques radiologiques, même si elle a permis, par ailleurs, aux spécialistes de mieux cerner les obstacles qui s'y opposent.

Les débats ont clairement fait apparaître que les scientifiques s'adressent trop souvent à eux-mêmes, et qu'un effort pour présenter les faits et les conclusions de façon claire et vivante aurait été souhaitable. Citons quelques exemples:

- Il aurait été utile de préciser les implications de faits notables concernant les 80 000 survivants d'Hiroshima. A ce jour, moins de 500 d'entre eux sont décédés d'un cancer imputable à l'irradiation, et l'espérance de vie moyenne parmi les survivants est réduite d'environ un an, alors qu'elle l'est de dix ans pour l'ensemble des personnes atteintes d'un cancer.
- Il aurait été souhaitable de débattre des cas de nodules thyroïdiens signalés dans les îles Marshall et dans le Nevada pour confirmer que des expositions prolongées à l'iode radioactif favorisent le développement de cancers et indiquer que le nombre de cas enregistrés est relativement faible.

- En ce qui concerne les études réalisées à Tchernobyl, le chiffre avancé d'une augmentation de 2 500 % des cancers de la thyroïde chez l'enfant ne tient pas compte des données de référence précédant la catastrophe, ce qui est sûrement la cause d'incertitudes majeures. Il aurait été plus utile pour comprendre les effets de l'irradiation sur la santé d'indiquer le chiffre de cinq cas de cancers sur 100 000 enfants et de préciser le nombre total de cas de cancers estimés dans les différentes régions. De plus, un débat dépassionné sur l'état clinique général de ces enfants aurait été plus positif.
- Les répercussions cardio-vasculaires de l'irradiation ont été évoquées; leur origine doit être définie en précisant bien les nombreux facteurs aggravants ainsi que d'autres causes probables telles que le stress.
- Dans le débat sur les foyers de cancer, notamment de leucémie, il convient d'insister sur le fait qu'ils ne constituent pas un phénomène nouveau. Leur existence est en effet bien antérieure à celle de l'énergie nucléaire, ils ont été relevés dans des lieux éloignés de toute installation nucléaire et le nombre de cas supplémentaires de cancer reste limité. Le débat sur Seascale (foyer signalé au Royaume-Uni dans les années 80) s'éternise, bien que les scientifiques croient que les rayonnements n'y sont pour rien. Pourquoi n'établit-on pas le fait que ces concentrations de cas ne sont que rarement liées à une cause particulière? De plus, les scientifiques considèrent l'épidémiologie comme une science d'observation très limitée. Les études intègrent un petit nombre de cas de cancer dont les facteurs concomitants sont importants, de sorte que les résultats, aussi bien positifs que négatifs, doivent être interprétés avec prudence.
- Il aurait également fallu chercher à connaître l'origine et les causes d'une telle diversité de politiques nationales en matière de contrôle du radon.
- Enfin, très peu de comparaisons ont été faites, alors qu'elles auraient permis de situer les risques radiologiques par rapport à d'autres, tout en introduisant l'idée que, dans la vie, les risques vont de pair avec les avantages.
- D'un point de vue positif, la forme adoptée pour cette conférence a contribué à transmettre l'information et à promouvoir la participation. La présence d'un rapporteur chargé de présenter l'information et d'un président responsable de la conduite des débats a fait ses preuves dans de nombreuses réunions récentes de l'AIEA. Il a ainsi été possible de traiter systématiquement tous les aspects techniques, et



M. Rosen

d'approfondir l'étude de cas particulièrement intéressants, puis d'y faire participer les médias et les décideurs, dans le cadre de débats constructifs. Dans leur ensemble, les différents travaux de la conférence ont marqué une étape significative dans un processus qui exigera encore du temps et des efforts.

L'AIEA peut y apporter sa contribution; l'une de ses fonctions consiste à orienter l'élaboration des normes et des pratiques adaptées aux besoins des intéressés — les scientifiques, les sociologues, les décideurs et le public. Or, les délibérations de la conférence lui donneront sûrement de précieuses indications qui lui permettront de mieux s'acquitter de sa tâche.

En avril 1996, l'AIEA a prévu d'organiser, conjointement avec la Commission européenne et l'Organisation mondiale de la santé, une réunion internationale sur les effets sanitaires et environnementaux de l'accident de Tchernobyl, dix ans après la catastrophe. On espère qu'il en résultera une meilleure compréhension des conséquences radiologiques. — *par M. Morris Rosen, directeur de la Division de la sûreté nucléaire.*

# L'énergie nucléaire: option toujours valable

*Le développement de l'énergie d'origine nucléaire s'est ralenti dans certains pays, mais il s'accélère là où la demande d'électricité monte en flèche*

par  
L.M. Davies et  
A.D. Boothroyd

La production d'électricité à partir de l'énergie nucléaire est une technologie qui a pignon sur rue. A la fin de 1994, plus de 480 centrales nucléaires étaient en exploitation ou en construction dans plus de trente pays. Au cours des quarante dernières années, plus de 7 200 années d'expérience d'exploitation de centrales nucléaires, soit une production de 20 000 térawattheures, se sont accumulées.

La croissance démographique mondiale, la tendance universelle au relèvement des niveaux de vie et l'amélioration de la situation économique s'accompagnent nécessairement d'une augmentation de la demande mondiale d'énergie, ce qui se traduit inévitablement par une augmentation de la demande d'électricité. Dans les pays en développement, celle-ci augmente plus vite que la consommation d'énergie ou le produit intérieur brut. Le problème se complique car il faut s'efforcer de stabiliser, puis de réduire les émissions dues à l'emploi des combustibles fossiles.

Le choix des sources d'énergie électrique dans un pays dépend de nombreux facteurs, dont la puissance installée en service, la disponibilité et le coût des combustibles, le financement et la situation politique. Nombre de pays adopteront une solution d'équilibre entre plusieurs sources de combustibles pour prévenir les contrecoups des brusques variations des prix et de l'offre. De leur côté, les compagnies d'électricité chercheront à s'assurer un approvisionnement régulier et à stabiliser les prix de l'électricité pour le consommateur. La diversité semble donc le meilleur moyen de stabiliser l'offre et le coût de l'électricité. Dans cette optique, l'énergie d'origine nucléaire demeurera une option viable dans l'avenir.

Dans les pays industriels, la demande de nouvelles centrales nucléaires sera tempérée par divers facteurs, notamment l'importance de l'excédent actuel de puissance installée, le taux de remplacement des vieilles centrales classiques à combustibles fossiles, relativement inefficaces, et la pression des accords internationaux sur la réduction des émissions. En revanche, dans les pays en développement, c'est la disponibilité de capital et d'autres ressources qui

risque d'être le facteur déterminant du rythme de développement du nucléaire. La situation n'est donc pas simple.

Actuellement, il semble que la demande d'énergie ait atteint sa limite dans certaines régions du monde, mais que cela est dû principalement à la récession économique et aux changements sociaux intervenus en Europe centrale et orientale plutôt qu'à une tendance sous-jacente à moyen ou à long terme de la consommation d'énergie. Dans le reste du monde, où vit l'essentiel de la population, la demande d'énergie poursuit son ascension inexorable.

En résumé, la situation mondiale de l'énergie et de l'électricité a évolué au cours des dix dernières années et la demande est la plus forte dans les pays qui connaissent une saine croissance économique. Cette évolution et le rôle qu'elle réserve à l'énergie d'origine nucléaire ont été étudiés lors d'une conférence internationale réunie en septembre 1994 par l'AIEA, à Vienne. Environ cent cinquante participants de trente-sept pays et de six organisations internationales y ont assisté. L'AIEA en a récemment publié les comptes rendus\*. Nous examinerons dans cet article les principales questions qui conditionnent le développement futur de l'énergie d'origine nucléaire.

## Croissance nationale et régionale du nucléaire

De même qu'aujourd'hui, divers facteurs peuvent empêcher le recours à l'énergie d'origine nucléaire dans les prochaines années. Ce sont les problèmes que posent l'acceptation par le public, la gestion des déchets radioactifs, la sûreté, l'économie, l'environnement et la responsabilité civile.

Dans nombre de pays, la plupart de ces problèmes ont été étudiés et résolus. Selon les rapports nationaux et régionaux émanant d'Europe orientale, centrale et occidentale, de l'Amérique du Nord et de l'Amérique du Sud, et de l'Asie, l'énergie d'origine nucléaire est bien établie, économique et importante comme source d'électricité.

M. Davies est consultant en génie nucléaire au Royaume-Uni et M. Boothroyd est un ancien membre de la Division de l'énergie d'origine nucléaire de l'AIEA.

\* *Comptes rendus de la Conférence internationale sur l'option électronucléaire*, réunie au Siège de l'AIEA, à Vienne, du 5 au 8 septembre 1994.



A longue échéance, la demande continue d'électricité devrait accélérer le développement du secteur nucléaire ainsi que l'investissement dans d'autres options. Dans ces régions, l'énergie d'origine nucléaire est jugée compétitive et avantageuse pour l'environnement.

Le rythme et le calendrier de la croissance nucléaire varieront selon les pays. Pour l'ensemble du monde, elle pourrait continuer à se développer au rythme actuel de trois à huit gigawatts par an; toutefois, pour les débuts du prochain millénaire, une croissance de dix gigawatts par an est prévue.

Au niveau national, les prévisions sont liées à la situation économique et énergétique selon les rapports présentés à la conférence. En Chine et en Inde, la demande d'énergie est supérieure à l'offre mais l'insuffisance de capitaux et autres ressources a obligé à freiner le développement du nucléaire pourtant jugé urgent par ailleurs. La Russie, l'Ukraine et d'autres pays d'Europe orientale ont aussi en permanence un urgent besoin d'augmenter leur puissance installée, mais ils se heurtent à de graves difficultés. En Amérique latine, la demande d'électricité est bien définie mais les pays manquent de ressources. En France, au Japon et en République de Corée, les programmes nucléaires sont solidement installés. En Amérique du Nord où les compagnies d'électricité disposent actuellement d'une puissance installée excédentaire, le développement de l'énergie nucléaire et d'autres sources dépend essentiellement de l'augmentation de la demande d'électricité.

### Gestion et performance des centrales

Il s'agit là d'une des grandes questions débattues de la conférence.

Dans de nombreux pays, on a su tirer la leçon des problèmes posés par la construction et l'exploitation des centrales. Les matériels ainsi que les modalités d'exploitation et de maintenance, de même que les programmes de formation, ont été améliorés. Dans certains pays, en particulier dans ceux qui passent de l'économie dirigée à l'économie de marché, il s'est avéré indispensable d'améliorer les compétences au niveau de la direction des projets.

Le renforcement de la coopération et des rapports entre exploitants de centrales nucléaires a permis d'améliorer les performances. L'Association mondiale des exploitants de centrales nucléaires (AMECEN) a fait savoir que la disponibilité des installations s'est améliorée alors que le nombre et la gravité des incidents à signaler diminuent. Un rapport de la Nuclear Electric du Royaume-Uni signale une remarquable amélioration de la performance des derniers modèles de réacteurs à gaz de la compagnie au cours des quatre dernières années, dont les facteurs de charge sont passés de 40% à 79%. Dans l'optique globale de la culture de sûreté, la Nuclear Electric a su tirer profit des leçons

à apprendre d'un large éventail d'industries. Dans le cadre de programmes de recherche, une étude a été faite sur les problèmes de gestion et d'organisation responsables des accidents graves survenus récemment dans diverses industries — nucléaire, chimique, spatiale, transports, pétrole — afin de définir les principes d'organisation qui permettraient d'éviter de tels accidents. Ces travaux et d'autres programmes nationaux et internationaux ont permis, au cours des cinq dernières années, d'améliorer considérablement la culture de sûreté et, par conséquent, le degré de sûreté des centrales.

Plusieurs rapports ont souligné qu'il y aurait intérêt à soumettre les centrales à des examens de sûreté par des équipes internationales et à inclure les données de performance dans le système de documentation sur les réacteurs de puissance de l'AIEA (PRIS), en particulier pour éclairer l'opinion publique. Un de ces rapports rend compte du bon dossier d'exploitation des réacteurs VVER-440/230, contrairement aux préoccupations que suscitait la sûreté de ces installations. La performance du modèle suivant, le VVER-440/213, s'est avérée meilleure dans l'ensemble, tandis que celle du VVER-1000, plus puissant, n'a pas été aussi bonne que l'on escomptait.

### Problèmes économiques et associés

Pour ce qui est de la viabilité économique de l'énergie d'origine nucléaire, les études faites par l'AIEA, l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN), l'Agence internationale de l'énergie (AIE) et l'Union internationale des producteurs et distributeurs d'énergie électrique (UNIPED) montrent qu'en ce qui concerne le coût de l'électricité produite les centrales nucléaires sont très compétitives par rapport aux centrales au charbon ou au gaz. Toutefois, l'avantage économique du nucléaire s'est réduit au cours des dernières années, essentiellement à cause de l'augmentation des coûts d'exploitation et de maintenance des centrales nucléaires, tout au moins dans certains pays.

Les prévisions de coûts pour les centrales qui pourraient entrer en service aux alentours de l'an 2000 ou peu après indiquent que l'énergie d'origine nucléaire devrait pouvoir continuer de concurrencer les centrales à combustibles fossiles. La question de savoir si l'option nucléaire est la moins chère se pose différemment selon les pays et la réponse dépend beaucoup du prix des combustibles fossiles et du coût et de la durée de la construction.

Si l'on veut que les centrales nucléaires restent compétitives, il faut absolument que leur construction et leur exploitation soient bien menées. Les nouveaux modèles de centrales nucléaires, qui bénéficient de l'expérience acquise avec les centrales en service, devraient être plus simplement conçus et moins chers à construire, tout en conservant un haut degré de sûreté. L'amélioration de la performance du combustible, notamment le relèvement des taux



**Sizewell «B»,  
dernière en date  
des centrales nucléaires  
britanniques.**

de combustion, compte tenu de la tendance à la baisse des prix de l'uranium et des services du cycle du combustible, devrait stabiliser ou même faire baisser les coûts du cycle du combustible nucléaire.

Outre qu'elles sont économiquement compétitives, les centrales nucléaires épargnent l'environnement puisqu'elles ne rejettent aucun gaz à effet de serre ni autres polluants atmosphériques nocifs tels que l'anhydride sulfureux et les oxydes d'azote. Elles peuvent ainsi jouer un rôle important dans les stratégies qui visent à limiter ou à réduire ces effluents gazeux.

**Assurance de la qualité.** La surveillance de la qualité dans les installations nucléo-électriques et chez les fournisseurs de matériel varie considérablement d'un point à l'autre de ce secteur industriel. Les efforts déployés pour réaliser des systèmes bien documentés et pour contrôler le respect de ces derniers n'ont souvent obtenu que de maigres résultats au niveau de la qualité. L'AIEA, ses Etats Membres et les membres de FORATOM sont depuis longtemps conscients des problèmes qui se posent. Des solutions tout à fait pragmatiques commencent à apparaître parallèlement à l'évolution du secteur industriel au sens large du terme, et bien souvent en avance sur elle. L'évolution de la gestion de la qualité vers une «culture» favorable à l'amélioration de la performance de tout le personnel, au lieu de

ne s'intéresser qu'à la production de documents sur la qualité, a été décrite. Une gestion de la qualité fondée sur la performance et visant les procédés offre une formule nouvelle en matière d'assurance de la qualité et sera recommandée dans un code de l'AIEA récemment révisé et dans les guides associés, dont la publication est prévue en 1995.

**Choix des sites et durée utile des centrales.** Ces thèmes ont été étudiés de près par la conférence dont nombre de participants ont souligné qu'il importait, pour des raisons économiques, de conserver les sites actuels et de prolonger le plus possible la durée utile des installations.

Cette prolongation réduit la demande de nouvelles centrales et diffère le déclassement et les opérations d'évacuation des déchets qui s'ensuivent nécessairement. Bien qu'il n'y ait pas d'obstacles techniques, semble-t-il, à la construction de nombreuses installations nouvelles, le facteur limitatif serait peut-être le choix de nouveaux sites. Alors que s'approche le moment de décider de la construction de nouvelles centrales, que les décisions soient prises ou non, la durée utile est une considération extrêmement importante si l'on veut que l'option nucléaire reste ouverte. C'est au propriétaire qu'il appartient d'abord de décider, en homme d'affaires, de la durée d'exploitation d'une centrale nucléaire, mais une réglementation impérative intervient néanmoins.

Comptant un délai de dix ans pour l'homologation, la construction et la mise en service d'une nouvelle centrale, les participants ont souligné qu'il importait de prendre les décisions dès maintenant en prévision des besoins du début du siècle prochain.

**L'opinion publique.** Quant à l'attitude du public envers l'énergie d'origine nucléaire, tant le Japon que la France ont préconisé une politique de «bon voisinage» de la part des compagnies. Il est important de créer un climat de «symbiose» entre les installations et la population. Pour que la confiance règne, il faut écouter ce que le public a à dire et adopter une attitude ouverte quant à la communication. Cette méthode est suivie dans d'autres pays, en particulier à l'égard des communautés établies à proximité des centrales. Le public russe, dans la crise actuelle de l'économie nationale, perçoit l'énergie d'origine nucléaire comme un «havre de stabilité».

L'appui du public est souvent sous-estimé aux Etats-Unis et, de ce fait, les fonctionnaires de l'Etat et autres personnalités hésitent à se prononcer et à prendre des mesures énergiques en faveur de l'énergie nucléaire, mais une nouvelle orientation est prise pour permettre à l'industrie de mieux comprendre les préoccupations du public.

### Gestion des déchets et sûreté nucléaire

Tous les mémoires traitant de la gestion du combustible épuisé et des déchets radioactifs ont souligné l'extrême importance de la sûreté. La France a expliqué comment s'est fait l'inventaire complet de tous les déchets radioactifs du pays et précisé que la couverture de l'opération par les médias avait été bien accueillie, ce qui démontre une fois encore l'intérêt de l'ouverture pour gagner la confiance du public. Plusieurs participants ont rappelé qu'il existait des solutions techniques pour l'évacuation des déchets mais qu'il était essentiel, pour faire accepter l'option nucléaire par le public, d'améliorer encore l'aménagement des sites et de faire la preuve de la fiabilité des installations opérationnelles d'élimination des déchets.

La séance sur la sûreté a traité de sujets concernant les méthodes d'évaluation de la sûreté et la mise en œuvre d'une culture de sûreté. Quelques participants ont fait valoir que les améliorations de la sûreté devaient être rentables, opinion qui n'est pas partagée par les responsables de la réglementation. Une certaine préoccupation s'est manifestée au sujet d'une proposition de nouvelles règles de sûreté pour les centrales, à savoir qu'il ne devrait pas y avoir d'accident exigeant un plan d'intervention hors site. Cette disposition poserait de sérieux problèmes au cas où l'on veuille l'appliquer rétroactivement à des centrales en exploitation. De l'avis général, il y a tout intérêt à continuer à prouver que l'exploitation des centrales actuelles est sûre et productive afin de conserver la confiance du public.

### Responsabilité pour dommages nucléaires.

La discussion d'un mémoire commun AIEA/AEN a révélé le désaccord qui existe entre l'Est et l'Ouest en matière de responsabilité en cas d'accidents. Les participants des pays d'Europe orientale estiment que les fournisseurs devraient demeurer responsables du mauvais fonctionnement de leur matériel, tandis que ceux des pays occidentaux sont partisans d'une responsabilité limitée mais attribuée à l'exploitant de la centrale.

**Ressources humaines et formation.** La nécessité d'intéresser et de former davantage de personnel qualifié a été notée, non sans préoccupation. Là encore, la plupart des participants ont considéré que la façon dont le public perçoit l'avenir du nucléaire était indirectement la cause du manque d'intérêt pour les études nucléaires au niveau secondaire et universitaire. De même, la contraction et la diversification des établissements de recherche nucléaire appliquée sont jugées responsables de la sérieuse réduction des effectifs du personnel qualifié, lesquels demanderont des années pour se reconstituer. Les gouvernements ont été instamment priés de prendre sans tarder des mesures en vue d'inverser cette tendance, s'ils souhaitent préserver l'option nucléaire.

### Situation complexe

L'intérêt que suscite l'énergie d'origine nucléaire va croissant, de même que la demande, mais d'une façon peu homogène. Dans son discours de clôture, M. Boris Semenov, directeur général adjoint de l'AIEA chargé du Département de l'énergie et de la sûreté nucléaires, a pris note du consensus de la conférence sur la viabilité durable de l'option nucléaire et a rappelé que nombreux sont les pays où elle est préférée, car sa technologie est éprouvée, économiquement compétitive et saine pour l'environnement. Il a fait observer, cependant, que son expansion exigeait un certain nombre de conditions préalables, notamment la sûreté et la fiabilité de l'exploitation des centrales en service, la nécessité de résoudre de façon convaincante les problèmes du stockage et de l'évacuation des déchets, et la fiabilité des procédures d'homologation. Ces conditions, ainsi qu'une politique gouvernementale cohérente et favorable, sont nécessaires pour que le public accepte plus volontiers l'énergie d'origine nucléaire, acceptation qui, selon lui, est probablement la considération majeure.

Il mentionna pour conclure que toutes ces conditions ne peuvent être réunies d'emblée. Il n'en reste pas moins qu'il faut prendre des mesures sans tarder pour soutenir l'option nucléaire, afin de satisfaire au mieux la demande d'électricité dans le monde et de protéger l'environnement.

# L'énergie d'origine nucléaire: formation dans l'intérêt de la sûreté et de la fiabilité

*Les meilleures pratiques internationales sont mises en vedette au profit des programmes de formation du secteur nucléo-énergétique*

par  
F. Mautner  
Markhof et  
K.V.M. Rao

Le grand problème de toutes les industries est de veiller à la sûreté et à la fiabilité de leurs établissements et installations. Les perfectionnements des matériels ne suffisent pas pour atteindre ce but. Les qualifications, l'expérience et la compétence des opérateurs et des responsables à tous les niveaux sont tout aussi essentielles.

Dans le secteur nucléo-énergétique, l'importance de la formation n'a cessé de grandir au cours des quinze dernières années. Plusieurs études faites pendant cette période ont montré que l'erreur humaine est l'une des principales causes d'incidents dans les centrales nucléaires, erreur bien souvent due à une formation insuffisante.

Au fil des ans, l'AIEA a créé un ensemble de services destinés à aider les pays à améliorer leurs méthodes, leurs pratiques et leurs moyens de formation du personnel des installations nucléaires. Nous parlerons ici des programmes de l'Agence dans le contexte de l'évolution internationale en cette matière.

## Evolution de la méthodologie

La recherche de la sûreté caractérise le progrès de la technologie nucléaire. Dans les premières années, ceux qui étaient chargés de la conception, de la construction et de l'exploitation des installations étaient des pionniers de la technologie nucléaire et leurs solides connaissances de base pouvaient compenser les faiblesses d'une formation qui se développait simultanément. Les méthodes de formation du personnel des centrales classiques étaient d'abord adaptées aux nécessités de l'exploitation des centrales nucléaires. Dans les années 70, à mesure que le nucléaire accédait au niveau industriel, la tendance était d'élaborer et d'affiner des procédures d'exploitation de plus en plus spécifiques. Les programmes de formation étaient conçus en conséquence et, dès lors, à l'intention d'une nouvelle génération

Mme Mautner Markhof et M. Rao sont membres de la Division de l'énergie d'origine nucléaire, Département de l'énergie et de la sûreté nucléaires de l'AIEA.

M. A. Kossilov, de la même division, a également collaboré à la rédaction de cet article.

d'opérateurs dotés d'une éducation et de qualifications professionnelles différentes.

L'accident de Three Mile Island de 1979, aux Etats-Unis, secoua l'industrie. La conviction qu'un tel accident était impossible en fut ébranlée, en particulier dans le monde industriel occidental, où l'on veillait tout spécialement à la sûreté et aux défenses en profondeur au niveau de la conception, de la construction et de l'exploitation des centrales nucléaires. La cause première de l'accident a été attribuée à des erreurs humaines dues à une formation et à des qualifications insuffisantes. Sans attendre, l'industrie nucléaire des Etats-Unis a spontanément créé un institut pour l'exploitation de l'énergie nucléaire et soumis à un examen critique les méthodes de formation en vigueur. Une approche systématique de la formation s'inspirant des techniques d'instruction utilisées dans l'armée a été mise au point, à laquelle tout le secteur industriel s'est rallié en 1981. Depuis, les équipes d'homologation de cet institut ont examiné les programmes de formation des centrales nucléaires afin d'uniformiser les méthodes de formation dans tout le secteur. Dans le même temps, la Commission de réglementation nucléaire des Etats-Unis a très vivement recommandé l'application de l'approche systématique à la formation du personnel des centrales nucléaires et l'emploi généralisé de simulateurs. Grâce à toutes ces mesures, parmi d'autres, les exploitants de centrales nucléaires des Etats-Unis ont pu améliorer définitivement la performance de leurs installations.

L'accident de Three Mile Island a amené d'autres pays dotés de centrales nucléaires à examiner dans le détail les plans de leurs installations ainsi que les procédures d'exploitation et de maintenance. Ils ont procédé aux ajustements nécessaires et la plupart d'entre eux ont préconisé l'approche systématique. Nombreux sont les pays bien équipés en nucléaire qui utilisent maintenant cette approche pour évaluer, organiser et mettre en œuvre leurs programmes de formation de personnel pour leurs centrales nucléaires. Plusieurs pays n'ont pas de système d'homologation de leurs programmes de formation, mais ils ont incorporé à ces derniers d'importants éléments de l'approche systématique et des procédures d'homologation.

Tous les pays qui exploitent des centrales nucléaires ont souligné à juste titre l'importance capitale du personnel d'exploitation. La formation à la maintenance, en revanche, a été plutôt négligée et le besoin d'amélioration est généralement reconnu. Il est indispensable de disposer d'un personnel de maintenance compétent pour prévenir les incidents dus à des défaillances du matériel ou à un mauvais fonctionnement des systèmes.

### Techniques et méthodes de formation

Un personnel ayant la formation et les qualifications souhaitées pour assumer des tâches et des responsabilités dans une centrale nucléaire ne se recrute pas à la sortie des universités ou des hautes écoles techniques. Les nouvelles recrues doivent recevoir une formation dans des domaines qui dépassent leurs connaissances classiques ou professionnelles. Le personnel en place a d'ailleurs besoin, lui aussi, d'améliorer sans cesse ses compétences et ses connaissances.

Cet enseignement, sous ses diverses formes, est dispensé par une section spéciale de la centrale, par un centre de formation desservant plusieurs centrales du même type ou par un établissement national. Des organismes extérieurs peuvent aussi assurer une formation étroitement spécialisée. Quelle que soit l'option, elle doit comporter des salles de classe, des salles de travaux pratiques avec maquettes et modèles pour enseigner la maintenance, et des simulateurs pour le personnel d'exploitation avec ateliers et laboratoires auxiliaires. L'entraînement sur simulateur partiel ou total de centrales nucléaires vise à la fois la sûreté et la fiabilité, deux aspects qui ne peuvent être traités séparément. Il s'est avéré le moyen le plus efficace pour améliorer les compétences techniques et le comportement du personnel d'exploitation.

La formation en cours d'emploi a également son importance. Le stagiaire fait son travail sous l'étroite surveillance et avec l'aide du chef responsable, ce qui lui permet de s'intégrer dans l'équipe qui sera la sienne par la suite. Cette formation pratique est d'autant plus efficace lorsqu'elle s'appuie sur des connaissances acquises en classe, mais elle ne peut être remplacée par un enseignement théorique.

La formation sur simulateur, en cours d'emploi, ou autrement, devrait se conformer à l'approche systématique et l'on ne saurait trop insister sur la nécessité de disposer d'instructeurs de tout premier ordre capables de bien enseigner et possédant une expérience pratique tenue à jour préférable à une éducation classique et théorique.

#### L'approche systématique de la formation.

Ce processus englobe l'analyse des besoins de formation et les compétences requises pour s'acquitter d'une tâche déterminée; le programme de formation à cette fin, lequel consiste à traduire les compétences voulues en objectifs de la formation tout en précisant

les moyens d'enseignement et le contexte; l'acquisition du matériel nécessaire pour que tous les objectifs soient atteints, sans oublier la formation des formateurs; l'exécution de la formation conformément aux procédures et aux moyens mis au point (formation en classe, en atelier, sur simulateur, autodidacte et en cours d'emploi); l'évaluation de la performance en cours et en fin de stage; le retour des résultats de l'évaluation aux points pertinents du processus et du programme, ainsi qu'aux lacunes à combler. L'approche systématique est un système logique et autocorrecteur. Elle combine la définition des tâches et des compétences qu'elles exigent avec l'exécution et l'évaluation de la formation nécessaire.

Elle présente de grands avantages par rapport aux méthodes plus classiques. De fait, c'est une assurance de la qualité qui s'applique aux compétences du personnel des centrales nucléaires et aide la direction à surveiller de plus près et à améliorer les politiques et les pratiques de la formation.

Au niveau international, elle est désormais considérée comme la meilleure façon de former le personnel des centrales nucléaires. Elle peut s'adapter aux particularités de chaque centrale en exploitant les possibilités existantes. Elle comporte aussi des éléments qui favorisent une culture de la sûreté parmi le personnel et la direction. C'est pourquoi les organes de réglementation de plusieurs pays imposent ou recommandent très vivement le recours à cette approche.

### Assistance et appui de l'AIEA

Les programmes de l'AIEA concernant la formation dans le secteur nucléo-énergétique ont pour objet d'aider les pays à user des meilleures pratiques internationales pour améliorer les qualifications et les compétences de leur personnel d'exploitation, de maintenance, de direction et d'appui technique. C'est à cette fin qu'a été créé le Groupe de travail international sur la formation et la qualification du personnel des centrales nucléaires, avec le mandat suivant:

- donner des conseils et des avis sur les activités présentes et futures de l'AIEA relatives à une approche intégrée, générale et systématique de la formation et de la qualification du personnel des centrales nucléaires;
- instituer des mécanismes permettant à l'AIEA de fournir aux pays des renseignements, recommandations et conseils sur la formation et la qualification du personnel des centrales nucléaires;
- faciliter l'échange de renseignements sur les programmes nationaux, les nouveautés et l'expérience acquise avec les centrales nucléaires en service et les centres de formation;
- favoriser l'application des normes, guides et autres documents pertinents de l'AIEA dans les centrales nucléaires par l'intermédiaire des programmes de formation et activités connexes.

## Activités de l'AIEA à l'appui de la formation du personnel des centrales nucléaires, 1995-1996

### Division de l'énergie d'origine nucléaire

- Préparation d'un rapport technique sur la formation et l'évaluation du personnel des centrales nucléaires
- Préparation d'un document technique sur les indicateurs de la performance de la formation
- Préparation d'un répertoire des centres de formation dans le monde
- Préparation d'un document technique sur les mesures à prendre pour améliorer la formation en cours d'emploi
- Services de techniciens et de spécialistes de la formation pour assister des projets de coopération technique et renseigner sur l'approche systématique de la formation
- Organisation de missions consultatives sur la formation
- Préparation d'un document technique sur la formation du personnel de maintenance
- Préparation d'un document technique sur la conception des simulateurs de centrales nucléaires pour l'enseignement et sur la méthodologie d'évaluation à utiliser
- Organisation de cours de formation

### Division de la sûreté nucléaire

- Organisation de missions d'examen de la sûreté auprès des centrales nucléaires (missions OSART et ASSET)
- Préparation d'un document technique sur la formation du personnel de gestion des accidents
- Préparation d'un document technique sur l'analyse de l'expérience d'exploitation en vue de préciser les problèmes de sûreté d'exploitation sous l'angle des facteurs humains
- Préparation d'un rapport technique sur les détails d'organisation qui influent sur la performance humaine dans les centrales nucléaires
- Programme d'étude et cours interrégionaux sur la maintenance optimisée des centrales nucléaires

### Projets de coopération technique

- Formation en génie nucléaire, Algérie
- Formation du personnel d'exploitation des centrales nucléaires, Chine
- Amélioration de l'enseignement universitaire de la physique des réacteurs, République tchèque
- Amélioration de la formation à la sûreté d'exploitation, à la centrale nucléaire de Paks, Hongrie
- Organisation de cours universitaires de génie nucléaire, Hongrie
- Adoption de l'approche systématique au centre de formation de BATAN et assistance au titre de la première centrale nucléaire, Indonésie
- Infrastructure et formation pour la mise en œuvre du programme d'énergie nucléaire, Iran
- Technologie de l'énergie et de la sûreté nucléaires, République de Corée
- Centre national de formation nucléaire, Mexique
- Amélioration des installations du centre de formation de la centrale nucléaire de Karachi, Pakistan
- Etude conceptuelle d'un simulateur principal pour la centrale nucléaire de Karachi, Pakistan
- Aide au centre de formation de Cernavoda, Roumanie
- Amélioration des programmes de formation du personnel des centrales nucléaires, Slovaquie
- Amélioration de la disponibilité et de la sûreté des réacteurs du type VVER, Slovaquie
- Amélioration de la sûreté d'exploitation de la centrale nucléaire de Krško, Slovénie
- Formation théorique et pratique à la radioprotection, Ukraine
- Formation à l'exploitation et à la direction de centrales nucléaires, Ukraine
- Amélioration de la gestion de l'exploitation des centrales nucléaires, projet régional pour l'Europe orientale

L'AIEA vient de faire paraître un manuel — *Guidebook on Nuclear Power Plant Personnel Training and its Evaluation* — révision d'un document technique antérieur (TECDOC-525) et désormais largement utilisé à l'échelon international comme ouvrage de référence sur l'approche systématique de la formation. Cette publication rend compte de l'expérience acquise dans ce domaine au cours des six dernières années. Elle préconise une conception élargie de la compétence englobant non seulement les connaissances et aptitudes techniques, mais aussi les connaissances, aptitudes et comportements relatifs aux facteurs humains. Elle traite les questions suivantes: rôle et attributions de la direction; formation du personnel de maintenance et de gestion; rationalisation des méthodes d'analyse de l'approche systématique; évaluation de l'ensemble du processus de formation.

Un autre document — *Simulators for Training Nuclear Power Plant Personnel* (TECDOC-685) — donne des conseils pour l'acquisition, la mise en place et l'utilisation de l'équipement d'un centre de formation avec simulateur. Par ailleurs, l'AIEA élabore des recommandations pour la conception de simulateurs de centrales nucléaires destinés à l'enseignement et pour l'application de la méthodologie d'évaluation associée, pour l'organisation d'ateliers régionaux et nationaux sur l'emploi des simulateurs et sur l'application de l'approche systématique à l'élaboration des programmes de formation sur simulateurs et, enfin, pour la définition des indicateurs de performance de la formation afin d'aider la direction à surveiller l'exécution des programmes.

A la demande des pays, l'AIEA fournit en outre des services consultatifs en matière de formation. Il s'agit de services techniques et non d'une forme de contrôle, donc plutôt de conseils donnés par des experts en formation sur la meilleure façon de répondre aux besoins et aux priorités d'une centrale ou d'un pays en particulier.

En Hongrie, l'AIEA a lancé, au titre de son programme de coopération technique, un projet pilote visant à améliorer la formation du personnel d'exploitation et de maintenance de la centrale de Paks, et qui prévoit l'application de l'approche systématique en vue de créer un centre de formation de personnel de maintenance et de développer la culture de sûreté. Bien mené, il est un exemple à suivre pour les centrales nucléaires des pays de l'Europe centrale et orientale et de l'ex-Union soviétique.

# L'énergie nucléaire et le dessalement de l'eau de mer: le point sur la question

*Les études patronnées par l'AIEA proposent diverses formules  
et options de production d'eau douce*

par  
Jürgen Kupitz

**S**ur notre planète, les ressources d'eau potable sont largement supérieures à la demande, mais elles sont inégalement réparties. Dans certaines régions, l'eau est rare et l'approvisionnement de la population est déjà insuffisant. Les mers et les océans en sont une source pratiquement inépuisable, et là où ils sont accessibles, ils peuvent contribuer à la solution du problème de la pénurie croissante, mais le dessalement, comme toute opération industrielle, exige de l'énergie.

Or, l'énergie fossile et l'usage de plus en plus intensif que l'on en fait créent des problèmes écologiques, dont le risque de changement climatique progressif qui pourrait avoir de très graves conséquences. Dans le même temps, la demande mondiale d'énergie ne cesse de croître et des solutions appropriées sont indispensables. Actuellement, l'énergie nucléaire contribue déjà pour une bonne part à la production énergétique mondiale, et elle peut encore faire plus, mais l'exploitation de ce potentiel n'est pas chose aisée.

Nous allons voir ici quels sont les avantages à l'échelon national et mondial de l'utilisation de l'énergie nucléaire pour le dessalement de l'eau de mer. Nous parlerons également des récentes études de l'AIEA sur les possibilités actuelles des diverses options dans ce domaine.

## Les premières années

L'application de l'énergie nucléaire au procédé industriel qui consiste à dessaler l'eau de mer pour obtenir de l'eau potable est à l'étude depuis les années 60. A l'époque, l'optimisme régnait quant à l'emploi de l'énergie nucléaire. Un certain nombre de pays, d'organisations et d'industries nucléaires ont fait diverses études. C'est ainsi que l'AIEA, à la demande de ses Etats Membres, a réalisé plusieurs études technico-économiques entre 1964 et 1967, parues dans la Collection Rapports techniques (n<sup>os</sup> 24, 51, 69 et 80).

M. Kupitz est chef de la Section du développement de la technologie électronucléaire, Division de l'énergie d'origine nucléaire de l'AIEA.

On s'efforçait alors de promouvoir diverses applications de l'énergie nucléaire autres que la production d'électricité, notamment la propulsion des navires, le chauffage urbain, l'approvisionnement en énergie d'installations isolées, la fourniture de vapeur industrielle et le dessalement de l'eau de mer. Le concept de grands complexes agro-nucléo-industriels faisait fortune.

Tant qu'elles eurent la grande faveur du public et des milieux politiques, ces solutions nucléaires n'en restèrent pas au stade de l'étude mais passèrent à celui des prototypes et de la démonstration. En ce qui concerne le dessalement de l'eau de mer, l'ex-Union soviétique conçut et réalisa le complexe de Shevchenko (aujourd'hui Aktau, au Kazakhstan). Son réacteur rapide BN-350 refroidi par un métal liquide est entré en service en 1973 et fournit toujours de l'électricité et de la chaleur pour la production d'eau potable.

Les événements qui ont suivi ces premières initiatives et réalisations appartiennent maintenant à l'histoire. Le secteur nucléaire s'est orienté par la suite vers les grands réacteurs électrogènes, si bien que le BN-350 est encore aujourd'hui le seul réacteur au monde qui produise de la chaleur pour le dessalement. Au Japon, de petites installations de dessalement ont été incorporées à plusieurs grandes centrales nucléaires pour fournir l'eau d'alimentation et divers services. En Russie, une quinzaine de petites installations de dessalement sont montées sur des brise-glace et autres navires à propulsion nucléaire.

Aucun nouveau projet combinant l'énergie nucléaire et le dessalement n'a été entrepris. De grands progrès techniques ont cependant été faits tant dans le domaine de l'énergie nucléo-électrique que dans celui du dessalement, et plusieurs études ont été réalisées.

## Renouveau d'intérêt

La Conférence générale, à sa session de 1989, a vu l'intérêt se porter de nouveau sur l'exploitation possible des réacteurs nucléaires pour dessaler l'eau de mer. Dans sa résolution GC(XXXIII)/RES/515,

elle demandait à l'AIEA d'évaluer le potentiel technique et économique du dessalement nucléaire. Dès lors, la question fut inscrite à l'ordre du jour de chacune de ses sessions sous le titre «Plan pour produire de l'eau potable économiquement», et plusieurs résolutions successives ont invité l'Agence à continuer ses travaux dans ce domaine.

Nul n'ignore dans le monde l'importance d'un approvisionnement suffisant en eau potable pour les populations en expansion, ni l'ampleur des problèmes qu'il pose. Le public, en revanche, est moins averti de la technologie du dessalement née dans les années 60 et qui en était alors au même point que celle de la production d'électricité nucléaire, mais dont les applications sont aujourd'hui exploitées industriellement et toujours susceptibles d'améliorations.

Les réacteurs électrogènes sont maintenant au point, eux aussi. Toutefois, bien qu'ils soient techniquement éprouvés et compétitifs et fournissent environ 17% de l'électricité consommée dans le monde entier, ils ont connu maintes difficultés dans plusieurs pays à cause de l'opinion hostile du public et des milieux politiques. Leur pénétration du marché de l'électricité s'est vu ralentie par rapport à ce que l'on attendait, mais un renouveau d'intérêt se manifeste dans d'autres applications, notamment pour dessaler l'eau de mer.

Plusieurs autres facteurs favorisent la technologie du dessalement nucléaire: la préoccupation croissante suscitée par les effets écologiques de l'emploi des combustibles fossiles, les avantages reconnus d'une diversification des sources d'énergie, la mise au point de nouveaux types de réacteurs perfectionnés dans les gammes des petites et moyennes puissances, et un meilleur rendement énergétique au niveau de la consommation.

Depuis que l'AIEA s'occupe de nouveau du dessalement nucléaire, un nombre croissant de pays et d'organisations internationales témoignent leur intérêt, participent à des réunions, communiquent des renseignements et proposent leur aide. C'est dans cet esprit que plus de vingt pays ont fourni des services d'experts et des fonds pour un total de 570 000 dollars.

### Récentes études de l'AIEA

A la suite de la Conférence générale de 1989, l'AIEA a entrepris de mettre à jour l'information dont elle dispose sur les techniques de dessalement et le couplage de réacteurs nucléaires avec ces procédés. Les résultats sont consignés dans un document technique de 1990 (TECDOC-574), intitulé *Use of Nuclear Reactors for Seawater Desalination*.

Après cette récapitulation, l'AIEA a publié, en 1992, un autre rapport intitulé *Technical and Economic Evaluation of Potable Water Production through Desalination of Seawater by Using Nuclear Energy and other Means* (TECDOC-666), lequel contient

une évaluation des besoins d'eau dessalée fondée sur une récente analyse des ressources mondiales d'eau potable, des renseignements sur les procédés de dessalement et les sources d'énergie les plus intéressantes, ainsi qu'une présentation des divers types de réacteurs proposés par les fournisseurs éventuels, et analyse plus particulièrement la viabilité économique du dessalement de l'eau de mer à l'aide de l'énergie nucléaire comparée aux combustibles fossiles. L'étude porte sur une large gamme de centrales tant nucléaires qu'à combustibles fossiles et de technologies, combinées avec divers procédés de dessalement, et sur les problèmes d'environnement et d'infrastructure. L'AIEA continue de recueillir et d'analyser l'information pertinente sur les réacteurs appropriés, les procédés de dessalement, les problèmes du couplage et la demande d'eau potable.

En 1991, suite à une demande d'assistance présentée par cinq pays d'Afrique du Nord (Algérie, Egypte, Jamahiriya Arabe Libyenne, Maroc et Tunisie), une étude technico-économique régionale sur le dessalement nucléaire vient d'être soumise aux pays intéressés. L'Arabie saoudite a également demandé à l'AIEA une assistance technique pour une étude analogue qui, entreprise en 1993, devrait être achevée en 1996.

D'autres travaux sont en cours en réponse à une résolution de la Conférence générale de 1993 relative à des installations de démonstration. Une première étude consiste à déterminer puis à préciser les caractéristiques de diverses options pratiques parmi lesquelles une ou plusieurs seront choisies aux fins de démonstration. Ce programme de «définition des options» a commencé en 1994 et devrait se terminer en 1996.

Ces activités, études et rapports ne se font pas dans l'isolement, mais plutôt en collaboration et dans un ordre logique, et se complètent mutuellement. Cette façon de procéder illustre bien le rôle de l'Agence dans l'échange d'informations et le transfert de connaissances et de données d'expérience, rôle qui fait d'elle un catalyseur, un organisateur ou un coordonnateur des projets de dessalement nucléaire, ainsi qu'un fournisseur d'assistance technique. Elle ne peut cependant pas assumer les applications pratiques, ni concevoir, construire, posséder ou exploiter des complexes de dessalement.

### Combinaisons, options et perspectives

Dans diverses régions du monde et en des points précis de plusieurs pays, la demande d'eau est supérieure à l'offre et le dessalement de l'eau de mer s'impose pour remédier à la pénurie. Toutefois, le manque de bases de données fiables nous empêche d'évaluer quantitativement le déficit mondial.

D'après les études de l'AIEA, l'Afrique du Nord et la région du Golfe se caractérisent par un manque d'eau généralisé. Comme données d'entrée pour l'étude de faisabilité portant sur l'Afrique du Nord,



les pays intéressés de la région ont examiné leurs situations respectives en ce qui concerne l'offre et la demande d'eau, ainsi que les options possibles pour améliorer l'approvisionnement. Ils ont délimité un certain nombre de zones où la demande d'eau de mer dessalée se situerait entre 20 000 et 720 000 m<sup>3</sup> par jour en 2005. En fait, ils ont déjà dû recourir à des installations de dessalement à combustibles fossiles pour répondre à la demande croissante d'eau potable. Il existe dans la région des installations de dessalement d'une capacité de l'ordre du million de mètres cubes par jour. L'Arabie saoudite dépend davantage encore de cette technique, avec une capacité de production de l'ordre de 4 millions de mètres cubes par jour.

Bien qu'il faille en savoir davantage sur la situation actuelle de ces régions et disposer de prévisions plus précises de l'évolution de la demande et de l'approvisionnement, il ne fait pas de doute qu'un volume croissant d'eau dessalée sera nécessaire pour compléter les ressources en eau de surface et compenser l'épuisement des eaux souterraines.

Vu le coût relativement élevé du dessalement, quelle que soit la source d'énergie utilisée, cette

option ne se justifie que pour produire de l'eau potable à usage personnel, ménager et industriel. Pour l'irrigation à grande échelle, le prix est encore trop élevé et le restera probablement pendant plusieurs décennies encore, sinon plus. Parmi les procédés disponibles sur le marché, trois ont été retenus pour une étude: le procédé par osmose inverse, la distillation multiple-effet, et la distillation multi-flash.

Aucun obstacle technique ne s'oppose à l'emploi de réacteurs comme source d'énergie pour le dessalement. Le réacteur peut produire de l'électricité ou de la chaleur, ou les deux à la fois, selon les besoins du procédé de dessalement choisi. Quant à la sûreté nucléaire, elle obéirait aux mêmes principes, critères et mesures que dans toutes les centrales nucléaires. Une prescription supplémentaire serait que l'eau produite devrait être bien protégée contre toute contamination éventuelle.

Pratiquement tous les types de réacteurs peuvent fournir l'énergie nécessaire au dessalement. Des renseignements techniques, et souvent économiques aussi, ont été obtenus de fournisseurs éventuels sur une vingtaine de modèles de réacteurs. Ceux-ci en

**Le dessalement de l'eau de mer ne cesse de faire des adeptes parmi les pays du monde entier.**



sont à différents stades de conception et appartiennent à la gamme des petites et moyennes puissances. La quantité d'énergie — chaleur, électricité, ou les deux à la fois — qu'ils peuvent fournir est plus qu'il n'en faut pour une installation de dessalement de très grande taille. Une installation d'une capacité de 1 million de m<sup>3</sup> par jour pourrait alimenter en eau potable une ville de 3 à 4 millions d'habitants et, avec le procédé par osmose inverse, devrait disposer d'une puissance installée d'environ 300 mégawatts électriques (MWe). Une puissance installée de 4 000 à 6 000 MWe serait requise pour alimenter cette même ville en électricité. Le choix d'une centrale de moyenne ou, a fortiori, de grande puissance ne se justifierait que si l'on veut fournir de l'électricité au réseau en plus de l'énergie nécessaire au dessalement. Il n'y a donc aucune raison de ne pas demander au réacteur d'assurer simultanément les deux productions et de tirer ainsi profit des économies d'échelle.

L'étude pour l'Afrique du Nord postule que les réacteurs seraient intégrés dans le réseau électrique et que leur puissance ne serait limitée que par la taille de celui-ci et ne devrait donc pas excéder 10% de sa puissance installée. Dans cette hypothèse, les options à envisager se situent dans la gamme des petites et moyennes puissances, sauf pour l'Égypte où des réacteurs de grande puissance seraient utilisables.

Vu la méthodologie appliquée et les hypothèses retenues, l'évaluation économique que donne l'étude générale de l'AIEA de 1992 montre que le recours aux réacteurs nucléaires plutôt qu'aux centrales à combustibles fossiles serait économiquement compétitif dans la gamme des installations de moyenne et grande puissance produisant de l'électricité ou de l'électricité et de la chaleur industrielle, et intégrées dans le réseau électrique. Le coût de l'eau produite se situerait entre 0,7 et 1,1 dollar le m<sup>3</sup>. Dans les cas où la centrale ne fournirait que de la chaleur, le coût serait beaucoup plus élevé.

Ces premiers résultats ont été confirmés par l'évaluation économique faite dans le cadre de l'étude pour l'Afrique du Nord à partir des données communiquées par les fournisseurs éventuels, au lieu des valeurs paramétriques adoptées pour l'étude générale.

Les résultats de ces évaluations sont jugés suffisants pour décider de la faisabilité économique. Toutefois, il faudra attendre les prix fermes précisés dans les offres formelles avant de procéder aux investissements.

Il existe de très nombreuses combinaisons possibles entre les divers types de réacteurs, procédés de dessalement et formules de couplage. Le programme actuel de recherche des options valables devrait permettre de déterminer les solutions les plus pratiques et les démonstrations à prévoir.

Le problème institutionnel du dessalement est fondamentalement analogue à celui de tout projet nucléo-électrique. En particulier, la mise en place d'une infrastructure locale adaptée est une difficulté

à laquelle se heurte tout pays qui entreprend un programme nucléaire. L'expérience a prouvé qu'elle peut se résoudre, mais elle implique évidemment de gros efforts pendant une période relativement longue.

Une étude de faisabilité comme celle pour l'Afrique du Nord peut se faire en collaboration avec divers pays dans un cadre régional, et une approche commune et des efforts conjoints présentent des avantages pour tous. Plusieurs domaines semblent particulièrement intéressants pour une coopération régionale: l'établissement de bases de données et les activités de transfert de technologie, la sûreté nucléaire, l'infrastructure réglementaire, la participation locale et, enfin, la mise en valeur des ressources humaines.

Les travaux réalisés dans le cadre du programme de l'AIEA sur le dessalement nucléaire, au cours des cinq dernières années, font ressortir les avantages d'une approche coopérative comportant une active participation nationale et un appui technique et financier en conséquence.

Le dessalement de l'eau de mer à l'aide de l'énergie nucléaire est une option réaliste. Le problème à résoudre est celui de sa démonstration qui suivra sa réalisation et ses applications pratiques.

# Projet international d'évaluation pour les mers arctiques: état d'avancement des travaux

*Assisté par l'AIEA, un groupe d'experts étudie le problème  
des déchets radioactifs immergés dans les mers  
de Barents et de Kara*

**E**n 1992, la nouvelle que pendant plus de trois décennies l'ex-Union soviétique avait immergé d'importantes quantités de déchets fortement radioactifs dans les eaux peu profondes des mers arctiques a beaucoup inquiété, notamment les pays du littoral arctique.

C'est pourquoi l'AIEA a proposé une expertise internationale visant à déterminer les risques que présente l'immersion de déchets radioactifs pour la santé humaine et l'environnement. Cette proposition a reçu le soutien des parties à la Convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matières (Convention de Londres de 1972). Dénommée Projet international d'évaluation pour les mers arctiques (IASAP), l'étude a été décidée lors d'une réunion organisée à Oslo, en février 1993, par les Gouvernements norvégien et russe.

Cet article fait un bref historique des immersions de déchets dans les mers arctiques et décrit les travaux effectués dans le cadre de l'IASAP.

## **Le contrôle international de l'immersion des déchets**

C'est en 1946 que l'on mentionne pour la première fois l'immersion de déchets radioactifs dans la mer, sur un site du nord-est de l'océan Pacifique, à environ 80 km des côtes de Californie. Dans les années suivantes, à mesure que cette pratique se répandait, la nécessité de la réglementer s'est imposée: une convention, décidée en 1972, est entrée en vigueur en 1975. (D'abord connue sous le nom de Convention de Londres sur l'immersion des déchets, elle vient d'être rebaptisée Convention de Londres de 1972.) Elle est reconnue comme le principal dispositif international de contrôle de l'immersion de déchets dans la mer.

Mme Sjoebloom et M. Linsley sont des cadres de la Division du cycle du combustible nucléaire et de la gestion des déchets à l'AIEA. Pour tous renseignements complémentaires sur la question, s'adresser aux auteurs.

A l'origine, elle interdisait l'immersion de déchets fortement radioactifs et exigeait une autorisation spéciale pour immerger les déchets faiblement radioactifs. L'AIEA a été chargée de définir les déchets hautement radioactifs impropres à l'immersion et de formuler des recommandations concernant les sites d'immersion, le conditionnement, etc., pour les déchets de faible activité. Trois documents ont été produits pour répondre à cette demande\*.

Comme un certain nombre de parties à la Convention se sont montrées préoccupées par les risques éventuels pour la santé humaine et l'environnement qu'implique l'élimination des déchets radioactifs, un moratoire volontaire sur l'immersion de ces déchets a été adopté en 1983 dans l'attente d'un examen global de la question. L'AIEA a apporté son soutien technique à ce travail. En 1993, les parties à la Convention ont décidé d'interdire l'immersion de tout type de déchets radioactifs dans la mer, en précisant que cette décision ne se fondait pas sur des considérations scientifiques et techniques, mais plutôt sur des critères moraux, sociaux et politiques.

## **L'immersion de déchets par l'ex-Union soviétique**

Des informations sur les pratiques d'immersion de déchets par l'ex-Union soviétique ont été rendues publiques pour la première fois par Ecologie nouvelle, organisme russe non gouvernemental.

En tant qu'observateur, l'Association Greenpeace a soulevé la question auprès des parties à la Convention en 1991, puis de nouveau en 1992, de sorte que celles-ci ont prié la Fédération de Russie de présenter une information complète à ce sujet. Pendant cette période, l'AIEA a étudié un projet d'évaluation des conséquences de l'immersion de déchets

\* Pour plus de détails sur l'élimination des déchets radioactifs et sur la Convention de Londres de 1972, voir les articles du *Bulletin de l'AIEA*, volumes 34 n° 3 (1992) et 36 n° 2 (1994).

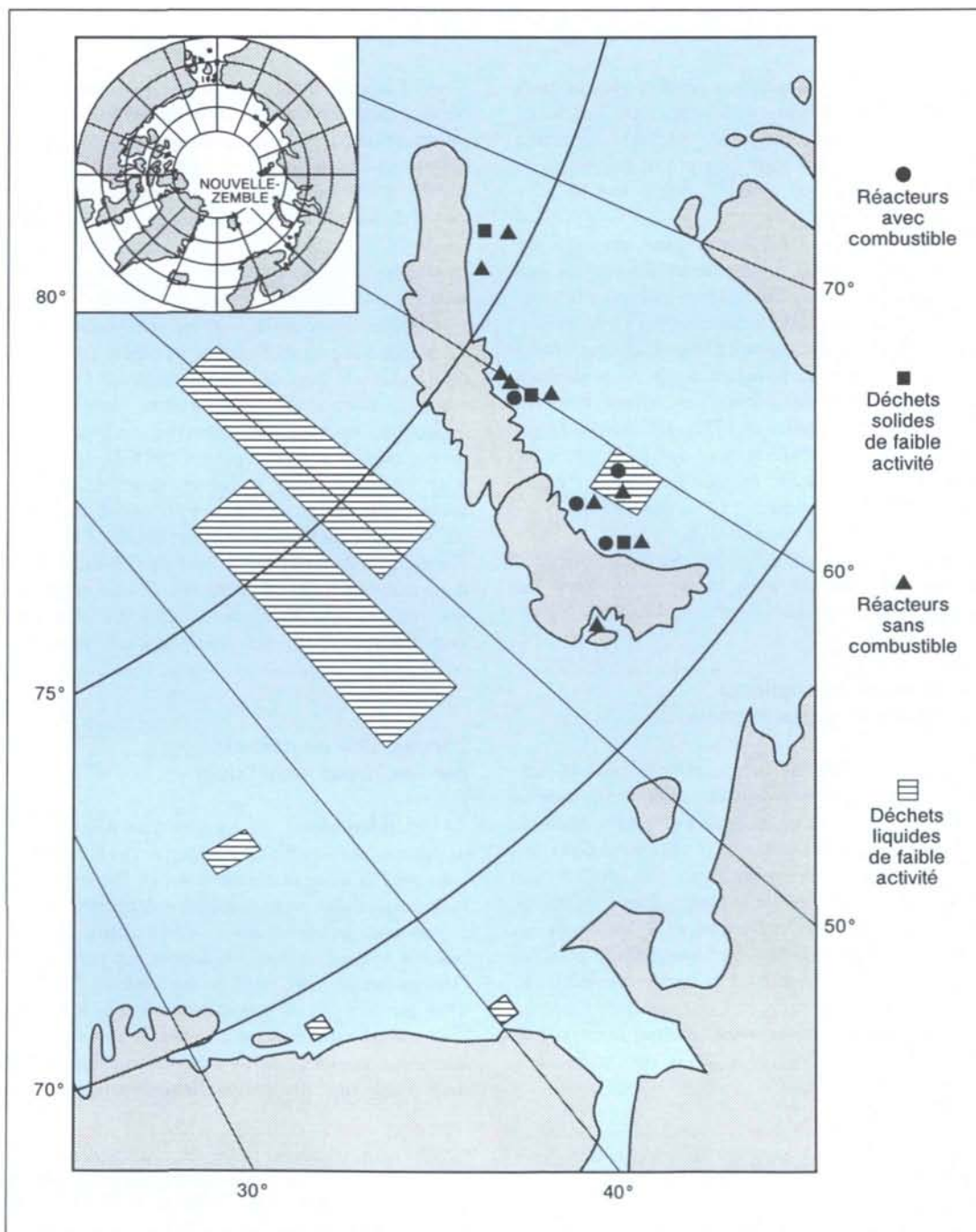
par  
**Kirsti-Liisa  
Sjoebloom  
et Gordon  
Linsley**

radioactifs sur la santé humaine et l'environnement, par la suite adopté par les parties contractantes, auxquelles l'AIEA a été chargée de présenter les résultats de cette évaluation.

En mai 1993, la Fédération de Russie a communiqué à l'AIEA des informations sur les déchets de haute et faible activité immergés dans les mers arctiques au cours de la période 1959-1992. L'activité totale des rejets signalés était supérieure à 90 PBq ( $90 \times 10^{15}$  Bq ou  $2,4 \times 10^6$  Ci). Les articles immergés comprenaient six réacteurs de sous-marins nucléaires et l'enceinte blindée d'un réacteur

de brise-glace contenant du combustible irradié (85 PBq); dix réacteurs sans combustible (3,7 PBq); des déchets liquides faiblement radioactifs, et des déchets solides de moyenne et faible activité (0,9 et 0,6 PBq, respectivement). Les déchets solides, sous emballage ou non, ainsi que les réacteurs ont été immergés dans la mer de Kara, dans les eaux peu profondes des baies de Nouvelle-Zemble. La profondeur d'immersion y est de 12 à 135 m, et atteint 300 m dans la fosse de Nouvelle-Zemble. Les déchets liquides de faible activité ont été déversés au large dans les mers de Barents et de Kara.

**Evacuation de déchets radioactifs dans les mers arctiques par l'ex-Union soviétique et la Russie**



## Contexte de l'immersion de déchets dans l'Arctique

Jusqu'à l'amendement de 1993, la Convention de Londres interdisait le rejet dans la mer des déchets fortement radioactifs, tout en autorisant, sous certaines conditions, l'immersion d'autres types de déchets radioactifs. Pour l'essentiel, les matières rejetées dans la mer de Kara sont des déchets fortement radioactifs. Toutefois, la plupart du combustible irradié a été immergé dans les années qui ont précédé la Convention de Londres (1972), et avant que l'ex-Union soviétique ne devienne partie à cette convention (1976). Le rejet de déchets radioactifs dans les mers arctiques s'est poursuivi jusqu'en 1991.

Le numéro 78 de la Collection Sécurité de l'AIEA (publié en 1986) précise les sites et profondeurs d'immersion de déchets de faible activité autorisés, après évaluation de l'environnement et notification au secrétariat de la Convention. Il apparaît que les lieux d'immersion de l'Arctique ne répondent pas à ces conditions, notamment parce qu'un grand nombre d'entre eux se trouve dans des eaux très peu profondes. Il convient ici de rappeler qu'avant l'entrée en vigueur de la Convention de Londres d'autres pays avaient déjà immergé des déchets radioactifs dans des eaux côtières peu profondes.

En 1992, un groupe d'experts norvégiens et russes a été constitué pour étudier la contamination

radioactive due aux déchets nucléaires immergés dans les mers de Barents et de Kara. Des missions d'exploration des zones d'immersion ont été organisées en 1992, 1993 et 1994, avec la participation d'un expert du Laboratoire de l'environnement marin (LEM) de l'AIEA. Les quatre sites d'immersion de réacteurs contenant du combustible nucléaire ont été explorés par le groupe d'experts, mais seuls quelques-uns des éléments immergés ont pu être localisés. Le groupe a prélevé des échantillons de l'environnement, fait des mesures et utilisé un sonar à balayage latéral et une caméra vidéo afin d'identifier et d'examiner les déchets. Les résultats obtenus n'ont révélé aucune contamination radioactive significative des sites, à l'exception d'un léger gain de radioactivité à proximité de certains objets immergés.

S'il semble n'y avoir aucun impact régional ou mondial manifeste à l'heure actuelle, la détérioration progressive du confinement des déchets pourrait entraîner à l'avenir des conséquences telles que la contamination de la chaîne alimentaire marine, elle-même susceptible de toucher l'espèce humaine par l'intermédiaire du poisson et autres produits de la mer. Etant donné que les déchets reposent dans des zones très peu profondes, d'autres risques de radioexposition ne sont pas exclus au cas où les conteneurs seraient déplacés ou transportés en raison de phénomènes naturels (action des glaces ou des tempêtes) ou d'activités humaines délibérées. Par ailleurs, les temps à considérer étant très longs

## Immersion de réacteurs nucléaires près de la Nouvelle-Zemble

Site	Date d'immersion	Profondeur d'immersion (m)	Numéros de référence	Unités immergées	Nombre de réacteurs		Activité totale (PBq)		
					Sans combustible épuisé	Avec combustible épuisé	Chiffres initiaux	Etudes ultérieures	
							Au moment de l'immersion	Au moment de l'immersion	1993/94
Fjord Abrosimov	1965	20 (10-15)	285	Compartiment de réacteur	1	1	29,6	11,6	0,655
		20 (10-15)	901	Compartiment de réacteur	—	2	14,8	2,95	0,727
		20	254	Compartiment de réacteur	2	—	*	0,093	0,009
	1966	20	260	Compartiment de réacteur	2	—	*	0,044	0,005
Fjord Tsvolki	1967	50	OK-150	Compartiment de réacteur et conteneur de combustible	3	0,6	*	19,5	2,2
Fosse de Nouvelle-Zemble (est)	1972	300	421	Réacteur	—	1	29,6	1,05	0,293
Fjord Stepovovo	1981	50 (30)	601	Sous-marin	—	2	7,4	1,72	0,838
Fjord Techeniye	1988	35-40	538	Réacteurs	2	—	*	0,006	0,005
<b>Total</b>					<b>10</b>	<b>6,6</b>	<b>89</b>	<b>37</b>	<b>4,7</b>

Notes: Les chiffres initiaux concernant l'activité totale des déchets ont été fournis à l'AIEA en mai 1993 par la Fédération de Russie; ils ont été révisés à l'issue des études ultérieures faites dans le cadre de l'IASAP. Les profondeurs d'immersion ont été indiquées en mai 1993 par la Fédération de Russie; les chiffres entre parenthèses résultent des travaux des experts norvégiens et russes lors des croisières de 1993 et 1994.

\* Réacteurs sans combustible irradié, ne dépassant pas 3,7 PBq au total.

(plusieurs dizaines de milliers d'années), il convient de prendre en compte l'impact possible de changements climatiques et, pour répondre à ces préoccupations, de bien connaître les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques, présentes et à venir tant du milieu que des déchets.

Des études préliminaires ont montré que, même dans les pires conditions de libération de radionucléides, les déchets ne provoqueraient pas d'impact radiologique majeur. Toutefois, une information beaucoup plus complète que celle disponible en 1992 s'avère nécessaire pour évaluer les risques éventuels au niveau local et régional. Le projet IASAP a été lancé pour répondre à ces questions parmi d'autres.

### Objectifs et mise en œuvre de l'IASAP

Les objectifs du projet tiennent compte des requêtes des parties à la Convention de Londres; ce sont les suivants:

- Evaluer les risques pour la santé humaine et l'environnement associés aux déchets radioactifs immergés dans les mers de Barents et de Kara;
- Examiner les mesures correctives possibles relatives aux déchets immergés et indiquer si elles sont nécessaires et justifiées.

Les résultats et conclusions seront présentés aux parties à la Convention de Londres en 1996. Le projet est divisé en cinq parties: termes sources; concentrations actuelles dans l'environnement; mécanismes et modèles de transfert; évaluation de l'impact; mesures correctives.

Il est exécuté selon les procédures habituelles de l'AIEA: réunions de groupes consultatifs et de consultants, programme de recherche coordonnée et contrats de recherche et de services techniques.

### Déroulement des activités

Tous les ans, un groupe de scientifiques de haut niveau examine l'avancement des travaux dans les différents domaines d'activité du projet.

**Terme source.** L'objectif est de déterminer les informations requises pour calculer l'impact des déchets. Pour ce faire, il faut savoir sous quelle forme se présentent les déchets et quel pourrait être leur comportement dans le milieu marin. Le groupe a concentré ses efforts sur les réacteurs contenant du combustible irradié, qui représentent le risque potentiel majeur. Une étape ultérieure sera consacrée aux déchets de faible et moyenne activité, sous emballage ou non.

Les communications officielles de la Fédération de Russie de mai 1993 ne précisaient pas le contenu des déchets en radionucléides ni les caractéristiques du combustible présent dans les différents types de réacteurs. Pour obtenir plus de détails, il a fallu consulter les archives de l'ex-Union soviétique et

reconstituer l'histoire du combustible avant l'immersion du réacteur.

En janvier 1994, la Fédération de Russie a d'abord fourni un relevé détaillé de la composition en radionucléides ainsi que des renseignements sur la structure de l'enceinte du réacteur du brise-glace *Lénine* (OK-150 sur le tableau, page 27). Plus tard, en juillet 1994, les autorités russes ont révélé des données essentielles sur la structure, l'histoire et les caractéristiques du combustible contenu dans les réacteurs de sous-marin. De ce fait, l'IASAP a pu disposer de l'information correspondante sur les radionucléides des réacteurs refroidis au plomb-bismuth (n° 601 sur le tableau) ou à l'eau (nos 254, 260, 285, 421, 538 et 901 sur le tableau).

L'activité totale des réacteurs immergés (avec ou sans combustible) au moment de l'immersion est aujourd'hui estimée à environ 37 PBq, alors que la première estimation fournie par la Fédération de Russie en mai 1993 était de 89 PBq. La différence s'explique par le fait que la plupart des réacteurs concernés ont connu un accident après une très courte période d'exploitation, ce qui n'avait pas été pris en compte lors des premières estimations. En raison de la décroissance radioactive, l'activité totale des réacteurs immergés se situe à l'heure actuelle autour de 4,7 PBq.

Pour évaluer l'impact de ces immersions, il faut aussi savoir quelles barrières protectrices ont été prévues sur les réacteurs immergés, soit lors de leur construction, soit avant leur immersion. Cette information a été obtenue de différents établissements russes.

On sait que le combustible de dix des réacteurs avait été retiré préalablement à leur immersion. Les réacteurs immergés avec du combustible irradié (six) avaient eu, avant leur immersion, un accident ayant endommagé le combustible. L'immersion s'est faite selon quatre procédures principales: 1) la plupart des réacteurs ont été immergés dans leur compartiment, remplis d'un polymère spécial, le furfural; 2) certains ont été extraits de leur compartiment et remplis de furfural avant l'immersion; 3) en ce qui concerne les réacteurs refroidis au plomb-bismuth, le compartiment du réacteur a été rempli de furfural et de bitume et l'ensemble du sous-marin a été immergé (n° 601 sur le tableau); dans ce cas, le fluide de refroidissement solidifié forme une protection supplémentaire; 4) la partie immergée du brise-glace *Lénine* comprend un compartiment contenant trois cuves de réacteurs vidées de leur combustible et remplies de furfural. Plus de la moitié du combustible d'un des réacteurs a été immergé dans un caisson en béton doublé de métal intérieurement et également rempli de furfural.

D'après l'analyse des points faibles des barrières protectrices, le groupe de travail sur le terme source a défini plusieurs modes temporels et taux possibles de libération des radionucléides.

Des recherches ultérieures devraient apporter des précisions à ce sujet. Il serait utile de connaître aussi

les propriétés physiques et chimiques du furfural et sa résistance à l'irradiation, à la chaleur et à la salinité. En 1995, les Russes et les Américains, en collaboration avec l'IASAP, ont entrepris une étude à cette fin.

Les résultats des croisières russo-norvégiennes — par exemple les vues de réacteurs immergés prises à l'aide de caméras sous-marines, les mesures radiométriques *in situ*, ainsi que les échantillons de sédiments prélevés pour analyse — sont essentiels pour l'évaluation des taux potentiels de libération de radionucléides. Les cassettes vidéo rapportées de ces missions d'exploration seront examinées avec soin et conjointement par des experts norvégiens et russes spécialistes de la conception des réacteurs navals et des sous-marins ainsi que des problèmes de corrosion.

**Concentrations dans le milieu.** Les informations actuellement recueillies sur les taux de contamination radioactive des zones visées et d'autres régions des mers arctiques seront intégrées dans la base de données sur la radioactivité marine mondiale (GLOMARD) du LEM conçue pour renseigner sur les niveaux de radioactivité de l'eau de mer, des sédiments et du biote marin, et permettre d'évaluer les concentrations relatives de nucléides, d'identifier les différents apports de radioactivité à la région, de déterminer les facteurs temporels et de calculer les quantités en présence. Toutes les données disponibles concernant les radionucléides dans les mers arctiques ont été intégrées dans la base de données. Le premier rapport d'évaluation préliminaire des radionucléides sera publié cette année.

**Mécanismes et modèles de transfert.** Dans le cadre de l'IASAP, des laboratoires du Danemark, de la Fédération de Russie, du Japon, des Pays-Bas, du Royaume-Uni et de Suisse, ainsi que le LEM, participent à un programme de recherche coordonnée (PRC) sur la modélisation de l'impact radiolo-

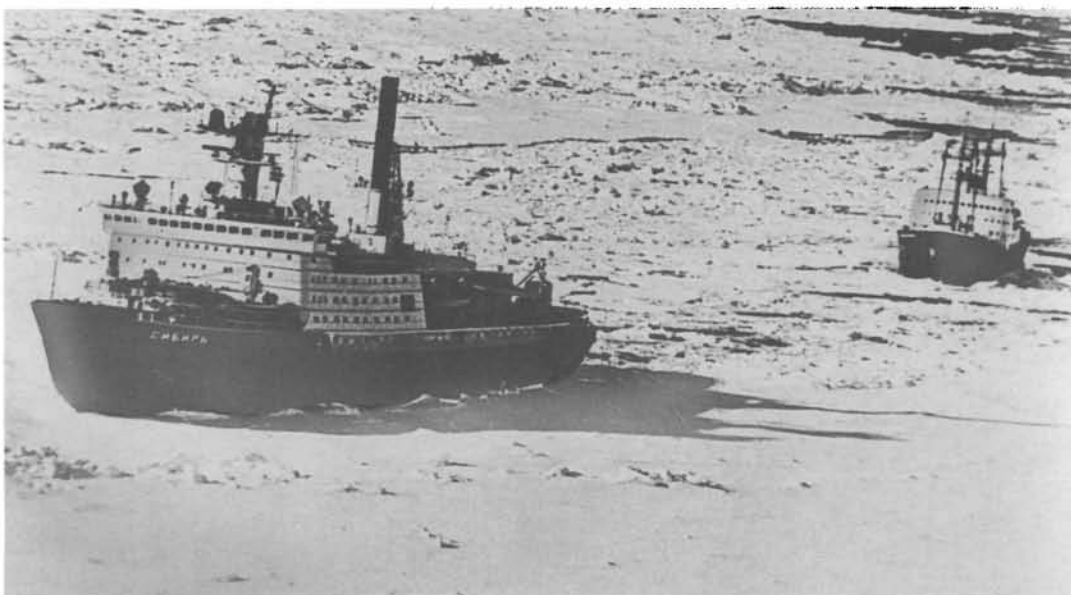
gique de l'immersion de déchets radioactifs dans les mers arctiques, qui vise à établir des modèles réalistes et fiables et à coordonner les travaux des différents laboratoires dans ce domaine. Le résultat final servira de fondement à l'évaluation aux fins de la Convention de Londres.

L'approche de l'évaluation de la modélisation finale est progressive. Les groupes de modélisation participant aux travaux ont commencé par analyser différents types de scénarios basés sur des dégagements unitaires fictifs de radioactivité dans un environnement simplifié. Lors de la première réunion du PRC, des données océanographiques et sédimentologiques plus précises concernant les mers de Barents et de Kara ont été fournies par différents instituts russes à l'IASAP pour compléter les scénarios types d'origine. A la deuxième réunion, les prises de poissons et de mammifères marins provenant des mers visées ainsi que des informations relatives à la migration des poissons ont été incorporées au scénario.

Par ailleurs, chaque groupe de modélisation participant au PRC développe et améliore ses modèles à l'aide de l'information sur l'environnement fournie progressivement par les travaux sur les mers étudiées. A la prochaine étape, les taux de libération basés sur les résultats obtenus par le groupe de travail sur le terme source seront inclus dans le scénario.

Aux réunions du PRC, les prévisions des différents groupes de modélisation pour chaque scénario type (concentration de radionucléides spécifiques dans l'eau et les sédiments de certaines zones) sont comparées en vue d'évaluer la sensibilité des résultats obtenus aux différentes hypothèses retenues pour la modélisation et le transfert.

**Evaluation de l'impact.** En 1995 et 1996, des calculs de l'impact seront effectués sur la base des zones de concentration prévues par le groupe de modélisation en tenant compte des facteurs de



Parmi les déchets immergés dans les mers arctiques se trouvent des compartiments de réacteur, dont celui d'un brise-glace nucléaire du type ci-contre.

transfert dans l'environnement et des données démographiques.

Les doses possibles d'irradiation des populations seront estimées pour différentes époques du futur, au niveau local, régional ou mondial. Ces prévisions tiendront compte aussi bien des personnes à régime alimentaire moyen que des gros consommateurs de produits de la mer. Elles comporteront des estimations des doses à la faune locale telle que les mammifères marins.

Les travaux du LEM et d'autres laboratoires commencent à fournir des renseignements sur les facteurs de concentration des radionucléides dans le biote marin et les facteurs de distribution entre l'eau et les sédiments, dans les conditions de l'Arctique. Des mesures radiologiques, physiques et chimiques effectuées sur des échantillons prélevés dans la zone arctique sont en cours d'analyse et de classement et une littérature pertinente est passée en revue. En ce qui concerne les nucléides et les espèces biologiques pour lesquels les données locales sont insuffisantes, il faut envisager la possibilité d'appliquer les facteurs de concentration et de distribution correspondant à des latitudes moyennes. Un groupe d'experts doit faire une évaluation des différentes sources d'information vers la fin de 1995.

**Mesures correctives.** Les parties à la Convention de Londres ont prié l'Agence d'étudier les mesures correctives qui pourraient être prises, et notamment leur faisabilité. Un groupe d'experts s'est réuni à cette fin, au début de 1995. Bien qu'à ce stade il ne s'agisse que de travaux préliminaires, les conclusions générales sont les suivantes:

- Les éléments contenant du combustible irradié doivent faire l'objet de mesures prioritaires;
- Des techniques parfaitement au point telles que l'encapsulation ou l'enfouissement dans les fonds marins peuvent être appliquées *in situ*;
- Pour le transport éventuel des déchets immergés, la voie sous-marine est une option à retenir.

Cette question sera de nouveau évoquée dans le cadre des réunions prévues en 1995 et une attention particulière sera accordée à l'impact radiologique des différentes mesures correctives possibles; cela dit, l'option consistant à laisser les déchets dans l'état actuel reste ouverte, mais toute décision de remédier à la situation doit être fondée, au moins partiellement, sur la conclusion que les risques radiologiques futurs provenant de déchets immergés seraient inacceptables.

## Coordination de l'action mondiale

L'une des idées de base qui ont présidé au lancement du projet IASAP était de créer une structure internationale de coordination des travaux. A cet égard, la coopération du groupe d'experts norvégiens et russes s'est avérée essentielle; un groupe restreint de coordination comprenant un Norvégien, un Russe et un représentant de l'AIEA s'est réuni trois fois.

L'échange d'informations continue entre l'IASAP et d'autres groupes travaillant sur la contamination radioactive de l'Arctique, notamment avec le programme américain d'évaluation des déchets nucléaires dans l'Arctique.

Il a également été convenu que les résultats du projet IASAP seront communiqués au Programme de surveillance et d'évaluation pour les mers arctiques. Celui-ci, inclu dans la stratégie de protection de l'environnement adoptée par les ministres de huit pays de la région, aux termes de leur déclaration de 1991, réexamine l'impact de tous les types de pollution dans ces mers.

*Pour plus ample information sur les travaux des scientifiques du LEM de l'AIEA dans le cadre du projet IASAP, voir l'article ci-après.*



# Les océanographes et les mers arctiques: mise au point du dossier radiologique

*Le Laboratoire de l'environnement marin de Monaco  
collabore à l'évaluation de la situation radiologique  
des mers de Barents et de Kara*

par  
**Pavel Povinec,  
Iolanda Osvath et  
Murdoch Baxter**

**A**vant 1992, le monde savait peu de choses sur les niveaux de radioactivité dus aux immersions pratiquées dans les mers arctiques. La situation a changé au cours des trois dernières années, en grande partie grâce aux travaux de scientifiques de Russie, de Norvège et du Laboratoire de l'environnement marin de Monaco (AIEA-LEM). En 1992, le LEM accepte l'invitation des gouvernements norvégien et russe de participer à des croisières d'étude dans la mer de Kara pour collaborer au programme d'évaluation relatif à l'évacuation de déchets radioactifs dans les mers de Barents et de Kara. Ultérieurement incorporé au Projet international d'évaluation pour les mers arctiques (IASAP), il comprenait:

- la participation à quatre expéditions dans la mer de Kara organisées par un groupe d'experts norvégiens et russes et par l'Académie des sciences de Russie en 1992-1994;
- la mesure radiométrique *in situ* et en laboratoire des concentrations de radionucléides dans la mer de Kara;
- l'organisation d'intercomparaisons d'étalonnage entre les laboratoires participants pour assurer la qualité des analyses;
- l'établissement d'une base de données centrale pour le projet IASAP contenant toutes les données disponibles sur les concentrations passées et présentes de radioactivité dans les mers arctiques;
- la participation au programme international de modélisation informatique, à l'échelon local, régional et mondial, de la dispersion éventuelle des radionucléides provenant des déchets immergés, et l'évaluation des effets radiologiques qui en résultent.

## Les expéditions en mer de Kara

Les publications parues avant 1992 contiennent peu d'informations sur les niveaux de radioactivité dans la mer de Kara. Les données dont on dispose

M. Baxter est directeur, M. Povinec est chef de la Section de radiométrie et Mme Osvath est une physicienne du Laboratoire de l'environnement marin de Monaco.

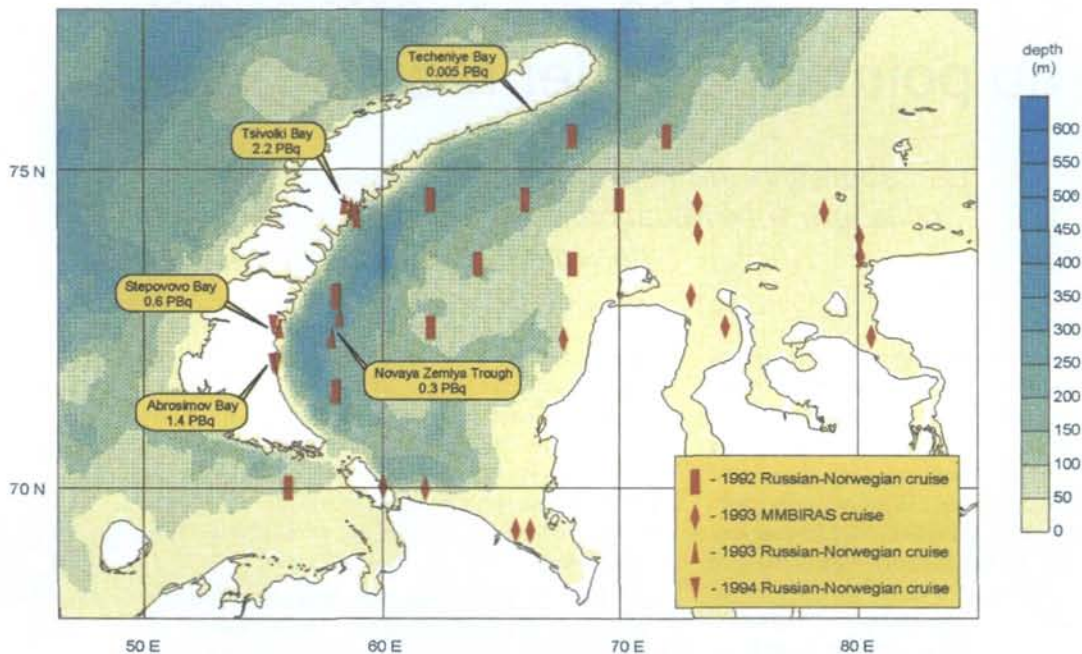
sont les résultats d'études faites par les Etats-Unis et la Russie dans les années 60 et 80. En 1992, après l'annonce d'immersions de déchets radioactifs à faible profondeur au large de la Nouvelle-Zemble, les gouvernements norvégien et russe ont organisé la première d'une série de trois expéditions mixtes dans les mers de Barents et de Kara, auxquelles l'AIEA a été invitée à participer (*voir la carte*).

La première croisière avait pour mission d'étudier la contamination radioactive du milieu marin de la mer de Kara, en vue de déterminer et de quantifier tout apport de sources locales. En 1993, des renseignements sur les immersions ont été officiellement publiés, sur quoi les expéditions mixtes russo-norvégiennes de 1993 et 1994 ont été organisées. Il s'agissait d'étudier les sites d'immersion des baies de Tsivolki, Stepovovo et Abrosimov et de la fosse de Nouvelle-Zemble en vue de localiser et d'identifier les objets immergés, de déterminer leur état et de mesurer la radioactivité dans leur voisinage. Les sites ont été inspectés à l'aide de sonars remorqués, de spectromètres immergés et de véhicules télécommandés.

Les recherches dans ces baies ont été couronnées de succès. Elles ont donné des renseignements détaillés sur les compartiments de réacteurs, les cargos et les bateaux-citernes immergés, accompagnés de déchets solides, sur le sous-marin de la baie de Stepovovo et son réacteur à métal liquide et sur le nombre de conteneurs de déchets solides. Toutes ces expéditions ont procédé à des analyses radiométriques *in situ* et à bord des navires, et sont revenues avec des séries d'échantillons du milieu et des données sur l'environnement, qui ont permis d'évaluer les impacts écologiques et sanitaires des immersions.

La méthode d'échantillonnage visait à: 1) prouver l'existence éventuelle de fuites à partir des déchets immergés, 2) mesurer la dispersion autour des sources et cartographier la distribution dans les sédiments de fond, 3) déterminer les différents apports aux quantités de radionucléides présents, 4) évaluer la contamination du biote, le transfert des radionucléides et les facteurs de concentration à chaque site et 5) étudier l'évolution dans le temps des niveaux de radioactivité.

### Stations d'échantillonnage actives pendant les croisières en mer de Kara de 1992-1994 et quantités estimées de radionucléides aux lieux d'immersion



Note: Les quantités estimatives de radionucléides se rapportent à 1994 et proviennent des réacteurs marins évacués aux principaux sites d'immersion, selon les documents de travail du projet IASAP.

Les profils d'eau et de sédiments de fond relevés, ainsi que les échantillons de sol, d'eau douce et de végétaux prélevés sur le rivage des baies pendant la croisière de 1994 ont été utilisés pour affiner l'analyse des radionucléides, essentiellement dans les laboratoires norvégiens et russes et au LEM. Pour assurer la qualité des données sur la radioactivité, ce dernier a organisé des intercomparaisons des mesures de radionucléides dans les sédiments, les eaux et les algues réalisées par les laboratoires travaillant sur les échantillons prélevés lors des croisières.

Il est possible qu'une forte proportion des radionucléides artificiels présents dans la mer de Kara provienne de sources terrestres des bassins de l'Ob et du Ienisseï. C'est pourquoi le LEM a participé en 1993 à une expédition internationale organisée par l'Académie des sciences de Russie pour étudier la radioactivité dans la partie sud de la mer de Kara.

Le LEM procède actuellement à l'analyse de quelque 300 échantillons prélevés par les quatre expéditions. Des matières rapportées de la mer de Kara servent également à des expériences en laboratoire sur la biocinétique des radionucléides et leur interaction avec les sédiments dans les conditions particulières à l'Arctique.

#### Etudes radiométriques

Les résultats de l'analyse des radionucléides contenus dans les échantillons prélevés dans la mer

de Kara montrent sans l'ombre d'un doute que, jusqu'à présent, il n'y a pas eu de fuite importante à partir des déchets radioactifs immergés. La confirmation peut-être la plus convaincante est le résultat de la mesure, par le LEM, du rayonnement gamma à la surface des sédiments du site d'immersion de la baie de Stepovovo. Le système immergé du LEM comportant un détecteur (refroidi) au germanium ultra-pur a permis d'obtenir un spectre gamma qui est l'un des premiers à haute résolution jamais obtenu en mer *in situ*. Il avait été mis à l'essai pour la première fois et avec succès pendant l'été 1993, dans la mer d'Irlande, près du site nucléaire de Sellafield.

Notons à première vue la prédominance des raies du rayonnement gamma des radionucléides naturels (fond naturel), en l'occurrence du potassium 40, et des produits des chaînes de désintégration de l'uranium et du thorium. Le seul radionucléide d'origine anthropogénique que l'on puisse identifier est le césium 137 à une concentration bien inférieure à celle des radioéléments naturels. Malgré la proximité des réacteurs immergés et des sites de nombreux essais d'armes nucléaires passés, les concentrations de radionucléides d'origine anthropogénique sont faibles et moindres que dans maintes autres zones des océans de la planète (voir le graphique).

Les analyses radiométriques des sédiments de la mer de Kara faites en laboratoire ont aussi clairement montré que la radioactivité d'origine anthropo-

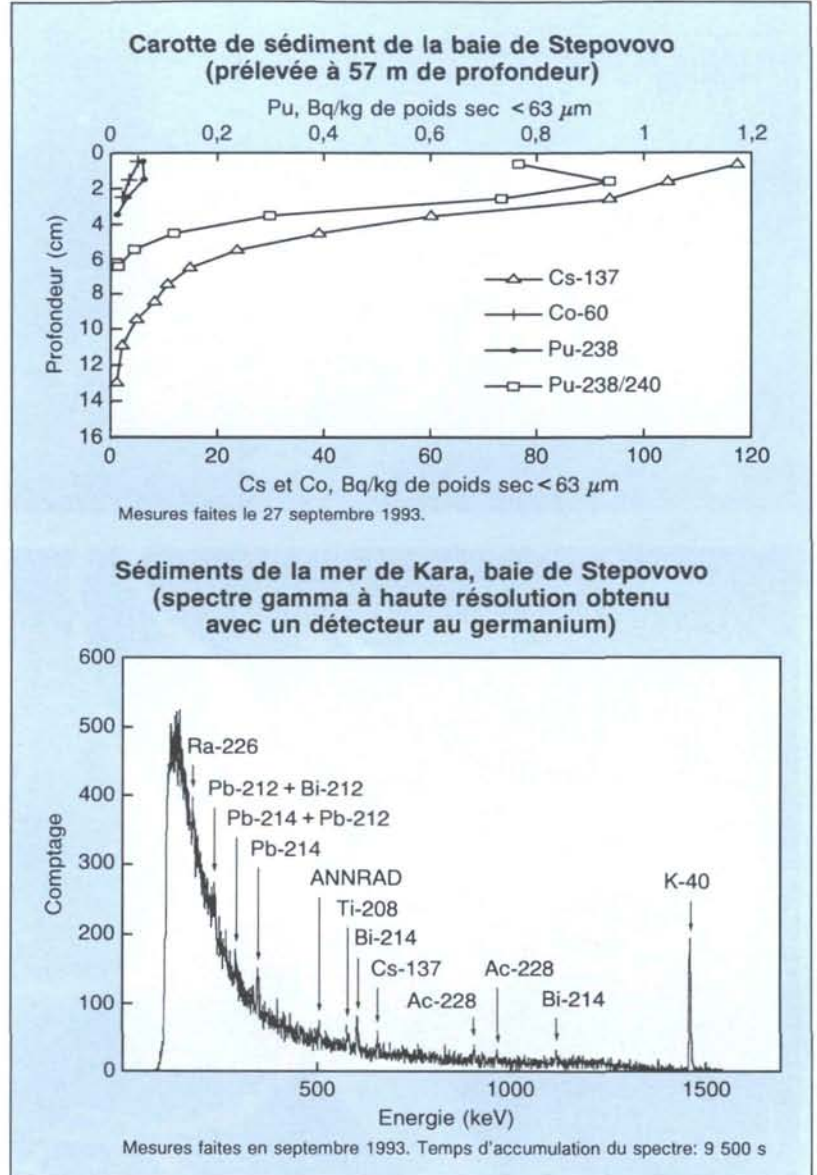
génique de ces sédiments est actuellement faible et résulte surtout du dépôt direct et de l'entraînement par ruissellement dans les bassins fluviaux des retombées mondiales des essais d'armes nucléaires, des rejets des usines de retraitement d'Europe occidentale et de l'ex-Union soviétique, des retombées de Tchernobyl et de celles des essais nucléaires locaux en Nouvelle Zemble. Toutefois, de fortes concentrations de césium 137 et de cobalt 60 ont été relevées au niveau des principaux sites d'immersion des baies d'Abrosimov, de Stepovovo et de Tsvolki, au large de l'île (voir le graphique). Une contamination locale s'est produite par des fuites à partir de déchets immergés de faible activité mais n'est pas détectable au-delà de ces sites.

Notre étude, ainsi que les travaux de nos collègues norvégiens et russes, montre qu'il n'y a pas de preuve de fuite importante à partir des composants de réacteurs et autres déchets évacués dans la mer de Kara. Les concentrations passées et présentes de radionucléides dans les eaux et les sédiments de cette mer demeurent très faibles. En ce qui concerne ces immersions, la grande question en suspens est donc de savoir non ce qui s'est passé mais ce qui pourrait survenir. Le principal problème scientifique est de prévoir l'importance, la teneur en nucléides, la dispersion, le transfert et les conséquences radiologiques d'une fuite éventuelle à partir des réacteurs et autres déchets nucléaires immergés.

### Base de données sur la radioactivité

Le programme IASAP de l'AIEA bénéficie de l'aide que lui apporte la base de données sur la radioactivité marine mondiale établie par le LEM (programme GLOMARD), qui centralise l'acquisition et la synthèse de toutes les données sur la radioactivité marine, c'est-à-dire de l'eau de mer, des sédiments et du biote. Cette base de données est un outil scientifique conçu pour plusieurs fonctions importantes telles que la fourniture immédiate d'une information à jour sur les niveaux de radioactivité et d'instantanés des activités à certains moments en certains lieux, l'étude des variations dans le temps et le dépistage des lacunes de l'information disponible.

Elle est reliée à la base de données du LEM sur le contrôle de la qualité des analyses, ce qui permet de vérifier sur-le-champ les pratiques de laboratoire. Dans le cas particulier des mers arctiques, elle fournira les entrées pour l'évaluation de la radioactivité ambiante de la région et pour le calcul des doses de rayonnement reçues par le biote marin et les populations humaines locales, régionales et mondiales. Quelques applications dans le cadre du programme d'évaluation des mers arctiques sont immédiates: détermination des teneurs relatives en nucléides, étude des tendances dans le temps, calcul des quantités, estimation des doses et validation des modèles.

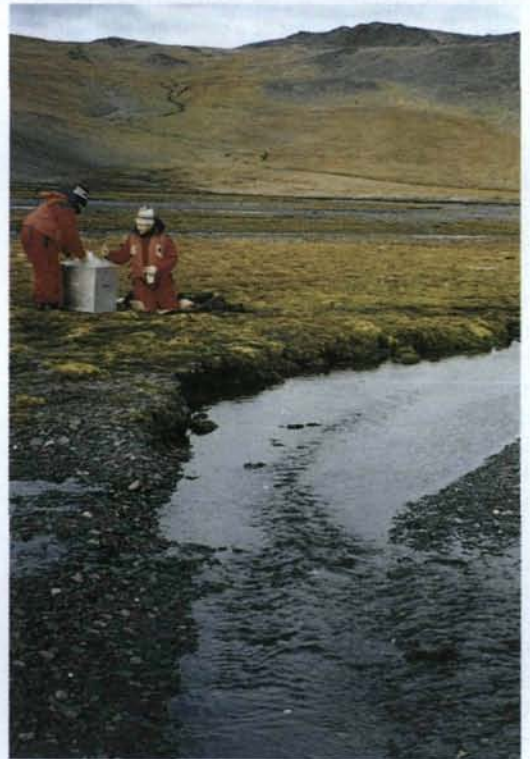


### Modélisation informatique et évaluation radiologique

La modélisation de la dispersion de la radioactivité a commencé géographiquement à trois échelons — mondial, régional et local — ce qui permet de prévoir les conséquences éventuelles pour le monde dans son ensemble et pour les populations vivant aux alentours des sites d'évacuation. Pour modéliser la dispersion des polluants radioactifs sur le plan mondial, le LEM a mis au point et appliqué plusieurs modèles compartimentés.

Ces modèles sont particulièrement utiles pour les évaluations à long terme (plus de 100 ans) et ont déjà servi dans d'autres programmes (programme CRESO de l'Agence pour l'énergie nucléaire et programme MARINA de la Commission européenne).

### Résultats des études radiométriques dans la mer de Kara



Les scientifiques du LEM ont participé à quatre expéditions pour étudier la situation radiologique de la mer de Kara, parfois dans des conditions difficiles. En plus des échantillons de sol prélevés sur la Nouvelle-Zemble, ils ont recueilli des échantillons de biote et autres matières dans les eaux de la mer de Kara. (Photo: I. Osvath, AIEA-LEM)

De plus, l'exactitude des résultats obtenus correspond bien au détail qu'exigent les évaluations radiologiques.

Les travaux dont nous parlerons ici se fondent sur le modèle ARCTIC-2 à 16 compartiments, à structure renforcée pour la région arctique. Celui-ci indique avec une précision satisfaisante la dispersion du césium 137 de Sellafield dans les mers septentrionales.

Les doses à la population mondiale (engagement de dose collective effective intégrée sur 300 ans après le dégagement) et les débits de dose individuelle maximaux à des groupes critiques hypothétiques ont été calculés à partir de la consommation de poissons de mer. Le volet océanographique du modèle fournit des données sur la concentration des radionucléides. Le volet radiologique traduit les concentrations de radionucléides dans l'eau en concentrations correspondantes dans le poisson en appliquant les facteurs recommandés par l'AIEA. Le volume des prises est calculé d'après les statistiques de la pêche de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et du Conseil international pour l'exploration de la mer. L'absorption de radionucléides par les humains est quantifiée en postulant que 50% de toute la pêche est normalement consommée, sauf dans la région des mers arctiques où la consommation atteint 80%. Les prises sont supposées constantes pendant la période considérée et aucun délai n'intervient entre la pêche et la consommation. La lecture finale en doses est obtenue à l'aide de facteurs de conversion pour les adultes fondés sur ceux de la recommandation 60 de la Commission internationale de protection radiologique.

Une série de scénarios de terme-source a été mise au point à partir de l'information dont on dispose sur les déchets nucléaires, y compris les réacteurs, immergés dans l'Arctique. Les calculs, qui concernent 20 radionucléides de longue période, ont été faits pour le moment de l'immersion et pour 500 ans après.

En ce qui concerne le dégagement progressif du césium 137 pendant les 20 ans suivant l'immersion dans la mer de Kara des réacteurs marins contenant du combustible épuisé, le modèle prédit une concentration maximale d'environ 10 Bq par mètre cube en moyenne dans toutes les eaux de fond de l'ouest de la mer de Kara, chiffre qui représente moins de 1% de la radioactivité naturelle de l'eau de mer. Des modèles locaux et régionaux à plus forte résolution spatiale seront utilisés pour localiser et quantifier des valeurs maximales inférieures.

Une simple évaluation a été faite, à partir des renseignements dont on dispose, des effets radiologiques dans le cas du pire scénario. Les calculs de doses fondés sur les estimations maximales du contenu des réacteurs immergés donnent un engagement de dose collective efficace de l'ordre de 10 homme-sieverts, si le dégagement est instantané au moment de l'immersion. Plus de 70% de cette dose provient du césium 137 et le reste est dû, pour

la plupart, aux produits d'activation (cobalt 60 et carbone 14). Pour ces calculs, il faut admettre qu'environ 20 kilotonnes de poissons sont pêchés par an dans la mer de Kara.

L'hypothèse d'un dégagement instantané des nucléides est, en revanche, extrêmement irréaliste. En effet, le dégagement de l'essentiel du contenu résulterait normalement de la corrosion qui dure des siècles sinon des millénaires. En particulier, la dissolution du cobalt 60 contenu dans l'acier et autres composants structuraux ne serait probablement pas quantifiable pendant la période moyenne de ce nucléide qui est de l'ordre de 7,6 ans. Ainsi, en cas de dégagement rapide des radionucléides contenus dans le réacteur, c'est le césium 137 qui est en fait la source principale d'irradiation au-delà des abords immédiats du site d'immersion. Quant au dégagement différé de radionucléides, disons après 500 ans de confinement, 99% de l'engagement de dose provenant de la consommation de poisson sera dû au carbone 14.

Pour évaluer l'impact régional, des modèles tridimensionnels de circulation et de dispersion étudiés par l'Université de Hambourg sont maintenant utilisés. Les calculs préliminaires visant à vérifier les prévisions du modèle indiquent que pour un rejet continu de 1 TBq par an de césium 137 dans la baie d'Abrosimov les concentrations moyennes de ce nucléide à l'entrée de la baie atteindraient 2 kBq par mètre cube.

### Documentation de la situation radiologique

Les travaux radiométriques et les modélisations préliminaires réalisés par le LEM pour le projet IASAP ont déjà donné d'intéressants résultats qui indiquent que seuls les effets radiologiques sur le plan régional et local pourraient avoir de l'importance. L'impact radiologique mondial des immersions pratiquées dans le passé dans les mers arctiques sera comparable et même inférieur aux effets des autres sources de radioactivité d'origine humaine et naturelle.

Les scientifiques du LEM continueront de s'occuper activement des divers aspects de cet important projet international afin d'étudier et de documenter les incidences sur la santé et l'environnement des immersions de déchets radioactifs pratiquées précédemment dans les mers arctiques.

# L'atome au champ: enrichir la terre du paysan

*Les techniques nucléaires et isotopiques facilitent les études de fertilisation des sols pauvres et favorisent une agriculture durable*

par  
Christian Hera

Les terres ne couvrent que 29% de la superficie du globe mais assurent néanmoins 98% du ravitaillement mondial. La plupart ne sont pas très riches: 11% seulement sont très fertiles, 28% le sont modérément et 61% le sont peu.

Par ailleurs, les pratiques de gestion des terres, des engrais, des récoltes et de l'eau laissent beaucoup à désirer dans la plupart des pays. L'extraction minière, par exemple, cause des pertes de nutriments et appauvrit les sols, ce qui n'est pas moins dangereux que toute autre forme de dégradation de l'environnement. Aussi la préservation des éléments nutritifs et de l'eau est-elle un souci majeur dans de nombreuses parties du monde, notamment dans les pays en développement.

Il faut prendre des mesures pour minimiser l'appauvrissement des sols et leur rendre leur fertilité. Maintes organisations s'intéressent aujourd'hui à l'étude d'un système intégré de nutrition des végétaux. Le principe fondamental est le maintien et l'amélioration éventuelle de la fertilité des sols dans l'intérêt de la production agricole en faisant le meilleur usage de toutes les sources possibles de nutriment. C'est là une approche écologiquement, socialement et économiquement viable.

Les techniques nucléaires et isotopiques jouent un rôle important dans la solution de ces problèmes agronomiques. Elles complètent les méthodes classiques de la recherche agronomique et donnent des résultats qui ne peuvent être obtenus par d'autres moyens. Nous allons voir comment ces techniques ont été et sont encore utilisées pour ce genre de recherche. Leur emploi a été favorisé, dans une mesure appréciable, par l'action concertée de l'AIEA et de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Depuis 1964, ces deux organisations exécutent des programmes par l'intermédiaire de leur division mixte des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture, installée au siège de l'AIEA, à Vienne.

## Bref historique

La recherche à l'aide d'isotopes remonte aux travaux de G.V. Hevesy, en 1923, qui donnèrent le coup d'envoi à l'application des isotopes aux études pédologiques et agricoles. Quelque trente-cinq ans plus tard, en 1959, l'AIEA fraîche émoulue concluait ses premiers contrats de recherche avec le Japon et la République fédérale d'Allemagne pour assister des études sur l'application rationnelle des engrais. A partir de 1962, l'activité des titulaires de contrats et d'accords de recherche originaires de pays en développement s'est intégrée dans les programmes de recherche coordonnée (PRC) de l'AIEA. Les deux premiers programmes de ce genre concernaient aussi la fertilité des sols et, plus particulièrement, l'application des isotopes à la fertilisation du riz (1962-1968), et l'apport des nutriments aux plantes ainsi que leur mouvement dans les sols (1962-1968).

Depuis lors, des dizaines de PRC ont été exécutés et, pour tout dire, la Section de la fertilité des sols, de l'irrigation et de la production agricole de la Division mixte a assumé la responsabilité technique de vingt-neuf de ces programmes en l'espace de trente ans. Une bonne part de la recherche a été inspirée par d'éminents pédologues mondiaux, Mac Fried, qui fut le premier directeur de la Division mixte FAO/AIEA, et Hans Broeshard, qui dirigea le Laboratoire d'agronomie de Seibersdorf. Leur œuvre de pionnier a laissé son empreinte parmi leurs homologues du monde entier.

Dès la première heure, les techniques isotopiques et associées se sont révélées d'une extrême utilité pour améliorer l'efficacité des engrais et optimiser la nutrition des plantes, parmi nombre d'autres applications. Le marquage isotopique d'un des éléments nutritifs d'un engrais ou du sol est une méthode directe sans égal pour déterminer la quantité de ce nutriment que la plante absorbe de chaque source.

**Etudes sur les engrais.** Grâce aux activités de la Division mixte au cours des trente dernières années, les techniques isotopiques ont été largement utilisées pour étudier l'efficacité des engrais appliqués à la culture des principales céréales que sont notamment le riz, le maïs et le blé. Ces études visaient essentiellement à améliorer et à stabiliser le rendement en grains en maximisant l'absorption des

M. Hera est chef de la Section de la fertilité des sols, de l'irrigation et de la production agricole de la Division mixte FAO/AIEA des techniques nucléaires dans l'alimentation et l'agriculture.



A partir du haut dans le sens horaire: Humidimètre à neutrons servant à mesurer la teneur en eau des sols; M. Hans Blix, directeur général de l'AIEA (deuxième à partir de la gauche), et M. J. Diouf, directeur général de la FAO (au centre), suivent avec leur groupe les explications de l'auteur lors de la Conférence de l'AIEA sur l'emploi des techniques nucléaires et apparentées pour l'étude du sol et des cultures; Mme Helga Axman, de la section de pédologie FAO/AIEA, parmi des participants à un cours régional de formation au Ghana; participants à un cours régional de formation sur l'emploi des isotopes pour l'étude des relations sol-plante, organisé à Bangkok en 1995.

(Photos: C. Hera, AIEA)



éléments nutritifs des engrais et autres sources, tout en atténuant les effets nocifs éventuels sur l'environnement. Des engrais marqués à l'azote 15 ont été appliqués à une culture de trois façons différentes en faisant varier la source ainsi que l'époque et le mode d'épandage, pour mesurer leur absorption, ce qui a permis aux agronomes de déterminer les méthodes d'application les plus efficaces selon les sols et les conditions climatiques.

Le premier programme de fertilisation du riz (1962-1968) a étudié notamment l'efficacité relative de l'azote de différentes sources selon que l'engrais est épandu en surface ou incorporé dans la couche superficielle du sol jusqu'à cinq centimètres de profondeur. Des expériences au champ avec du nitrate d'ammonium, dont les deux principaux composants étaient préalablement marqués à l'azote 15, ont été faites dans cinq pays. Les résultats ont clairement montré lequel des deux composants était la source la plus efficace d'azote pour le riz, et comment il convenait de l'appliquer. L'absorption maximale a été constatée lorsque l'azote ammoniacal a été incorporé au sol. La façon d'appliquer l'azote nitrique n'avait pas d'effets sensibles sur son absorption.

Le PRC sur la fertilisation du maïs, auquel huit pays ont participé, fut une grande réussite. Il s'agissait de déterminer les meilleurs modes d'application de l'engrais, par rapport à l'épandage classique à la volée suivi d'un labour. Des engrais marqués à l'azote 15 et au phosphore 32 ont été utilisés. Les études ont abouti à la conclusion que le fermier devrait appliquer son engrais en plusieurs fois, d'une manière différente (épandage en bandes) et à divers moments du cycle végétatif.

Les résultats ont été exploités en Roumanie. Les semoirs ont été équipés d'un dispositif spécial permettant de distribuer l'engrais en même temps que les semences et un dispositif analogue a été monté sur les cultivateurs servant au désherbage pour répandre l'engrais pendant la période de végétation. Les essais ont été faits sur deux millions d'hectares de maïs, pendant six ans, et le rendement a augmenté de 0,62 tonne à l'hectare par rapport aux récoltes obtenues avec la pratique classique.

Le coût de l'adaptation à la nouvelle méthode ne représente que 5% de la valeur totale du gain de rendement de chaque année. Par rapport à la pratique habituelle, cette méthode a en outre l'avantage de supprimer une opération et ses effets nuisibles possibles sur les sols.

### L'azote atmosphérique

Malgré son abondance dans l'atmosphère (78%), l'azote est l'un des principaux facteurs limitatifs de la croissance végétale. Quelques plantes seulement absorbent directement l'azote atmosphérique. La solution consistant à épandre des engrais azotés est l'une des principales composantes du coût de la production agricole.

Les fermiers, tant des pays en développement que des pays développés, peuvent maintenant recourir au procédé dit de la fixation biologique de l'azote. Les légumineuses cultivées en symbiose avec quelques autres espèces et en présence de certains micro-organismes absorbent directement l'azote atmosphérique. Cette solution présente divers avantages: elle est économique, réduit les risques de pollution, fertilise le sol et enrichit la récolte en protéines. Pour la rendre efficace, il faut savoir gérer les systèmes de fixation de l'azote. Les méthodes isotopiques à l'azote 15 permettent de déterminer les quantités intégrées d'azote ainsi fixé par les plantes aussi bien naturelles que cultivées.

Au cours des vingt dernières années, plusieurs programmes internationaux de recherche FAO/AIEA se sont attachés à mesurer et à améliorer la fixation biologique de l'azote, en particulier la fixation symbiotique par les légumineuses dans divers systèmes. Les programmes en cours cherchent plus spécialement à améliorer à la fois les rendements et la fixation de l'azote par les légumineuses à grains, dans un contexte multidisciplinaire.

Jusqu'à présent, la fixation de l'azote s'avère très variable selon les espèces de légumineuses. Chez certaines d'entre elles, comme la fève, le processus est plutôt efficace, tandis que chez d'autres, tel le haricot commun, il ne l'est pas. Ces différences persistent dans des conditions environnementales très variées. Dans plusieurs pays, une grande diversité génotypique a été observée quant à la fixation de l'azote parmi les variétés du haricot commun.

Les arbres fixateurs d'azote présentent un intérêt particulier et les études montrent qu'ils jouent un rôle important dans les systèmes agricoles: ils rétablissent, ou même améliorent, la fertilité des sols, dont ils réduisent en outre l'érosion, et ils poussent bien dans des sols déficients en azote. Des méthodes permettant de définir avec précision les facteurs qui influent sur leur croissance dans diverses conditions ont été et sont encore à l'étude.

Le rôle des algues bleu-vert, telle *Azolla*, et leur association dans les rizières de plaine font aussi l'objet de recherches.

Les variétés de riz à grand rendement de la «révolution verte» exigent d'importantes quantités d'engrais chimiques azotés onéreux. Les agronomes savent depuis longtemps que la symbiose aquatique d'*Azolla-Anabaena*, qui fixe l'azote, pourrait fournir au moins en partie l'azote dont le riz a besoin. Entre 1984 et 1989, un programme financé par l'Office suédois pour le développement international et coordonné par la Division mixte FAO/AIEA comportait l'étude des propriétés d'*Azolla* comme engrais organique pour le riz; des scientifiques de neuf pays rizières — Bangladesh, Brésil, Chine, Hongrie, Indonésie, Pakistan, Philippines, Sri Lanka et Thaïlande — y ont participé.

Bien que la symbiose *Azolla-Anabaena* soit utilisée depuis des siècles comme engrais vert dans les rizières de diverses régions de Chine et du

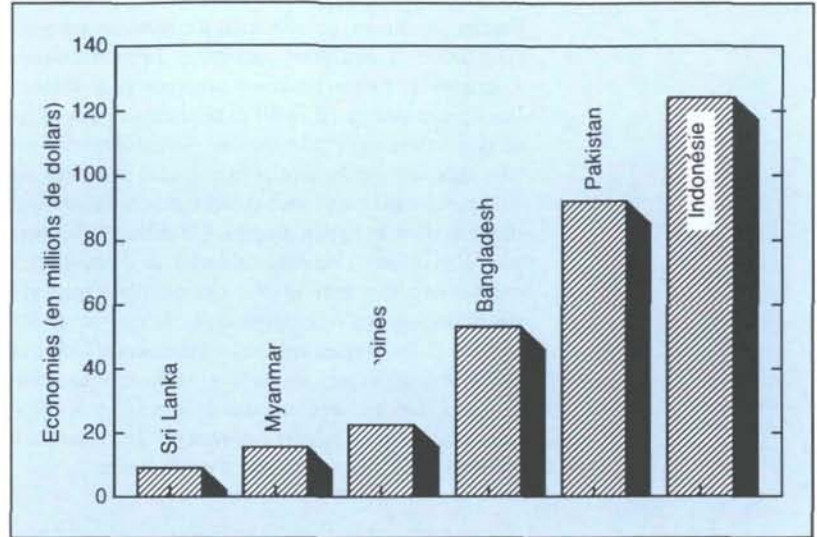


Viet Nam, la recherche ne s'est intensifiée qu'après la crise du pétrole de 1973 qui avait fait monter en flèche les prix des engrais azotés. *Azolla* se développe très rapidement, pouvant doubler son poids en trois ou quatre jours dans des conditions optimales. Les essais en rizière effectués avant la mise en œuvre de ce programme ne permettaient pas de savoir si l'azote accumulé par *Azolla* provenait principalement de l'atmosphère ou du sol. Certes, il était clair que l'incorporation d'*Azolla* au sol améliorait la récolte de riz, mais peu d'expériences avaient été réalisées pour en explorer les causes.

Grâce à la technique de marquage à l'azote 15, il était possible d'établir que 70 à 80% de l'azote contenu dans *Azolla* provenait de l'atmosphère et que l'algue et le riz ne se disputaient pas le peu d'azote contenu dans le sol. De fait, les expériences les plus récentes ont montré qu'une couverture d'*Azolla* flottant sur l'eau des rizières peut même accentuer l'effet des engrais azotés chimiques. L'urée est le plus communément utilisée pour fertiliser les rizières, mais elle est généralement peu efficace car la moitié ou plus se dissipe dans l'atmosphère. L'hydrolyse de l'urée engendre une réaction alcaline qui se combine avec les effets de la photosynthèse des algues et, souvent, des valeurs de pH dépassant 9, lesquelles favorisent la volatilisation de l'ammonium en ammoniac, ont été relevées. Fort heureusement, *Azolla* limite la croissance des algues car elle fait de l'ombre. Après un épandage d'engrais, une baisse de pH de 1 à 2 points en présence d'*Azolla* a été observée.

Par ailleurs, *Azolla* absorbe une partie de l'engrais azoté dissout dans l'eau, de sorte que, si elle est ensuite incorporée dans le sol, cet engrais s'ajoute à l'azote fixé et devient disponible pour le riz. Une expérience faite à Fuzhou (Chine) a montré que les pertes d'azote de l'urée épandue en surface deux semaines après le repiquage ont été ramenées de 50% en l'absence d'*Azolla* à 25% après ensemencement de la rizière avec cette algue au moment du repiquage. L'absorption de l'engrais marqué est passée de 26 à 35%. En Thaïlande, l'application d'urée au moment du repiquage, avec ou sans inoculation d'*Azolla*, a fait augmenter le rendement de 10 à 15% dans les parcelles où l'algue était déjà présente.

Lorsqu'elle est incorporée au sol des rizières, *Azolla* s'avère aussi bonne que l'urée comme source d'azote. Non seulement l'azote d'*Azolla* et celui de l'urée étaient absorbés en quantités égales, mais aussi, ce qui est intéressant, la proportion d'azote qui demeure dans le sol après la récolte était plus importante avec *Azolla*. Sur certaines parcelles expérimentales, la quantité d'azote disponible pour la récolte suivante était suffisante pour donner des récoltes deux à trois fois plus abondantes qu'avec l'urée, en particulier s'il s'agissait de blé. Les économies que l'emploi d'*Azolla* comme engrais permet de faire sur une récolte de riz sont substantielles (voir le graphique).



Le succès de ce programme a montré que des scientifiques de différentes parties du monde pouvaient travailler ensemble au sein d'un groupe avec des méthodes très étudiées et progresser rapidement vers des objectifs communs. Comme les études ont été faites dans des environnements très divers, les résultats sont très généralement applicables.

**Économies réalisables en utilisant *Azolla* comme engrais azoté dans les rizières**

#### La photosynthèse et l'absorption de l'eau

Les techniques isotopiques sont indispensables pour étudier la photosynthèse, le métabolisme des végétaux, le transport et l'absorption des nutriments. En exposant des plantes à du dioxyde de carbone marqué au carbone 14, il est possible d'observer la photosynthèse et de suivre le mouvement des métabolites dans toute la plante à l'aide de l'autoradiographie, par exemple. Depuis peu, le carbone 13 est davantage employé comme indicateur car il est abondant et se mesure facilement. Isotope stable, il ne nuit pas à l'environnement et se prête remarquablement à l'étude de la matière organique du sol et des gaz à effet de serre. Toutefois, les plantes le discriminent pendant la photosynthèse. Le phénomène varie d'une espèce à l'autre, mais il demeure étroitement lié à l'absorption de l'eau par la plante.

Cette propriété peut être utilement exploitée pour déterminer les variétés de plantes cultivées et les espèces d'arbres qui utilisent l'eau efficacement. Dans le cadre d'un PRC, plusieurs génotypes de plantes alimentaires et d'arbres poussent sur des sols pauvres, utilisant très efficacement une eau rare. Au Maroc et en Tunisie, des génotypes de blé sont à la fois économes en eau et d'un très bon rendement. Au Soudan, des variétés d'*Acacia Senegal*, l'arbre qui donne la gomme arabique, vivent parfaitement dans des régions où sévit souvent la sécheresse. Au Sri Lanka, la même technique a permis aux spécialistes de découvrir des variétés de cocotier très résistantes à la sécheresse et donc parfaitement adaptées pour être cultivées dans la région sèche du pays.

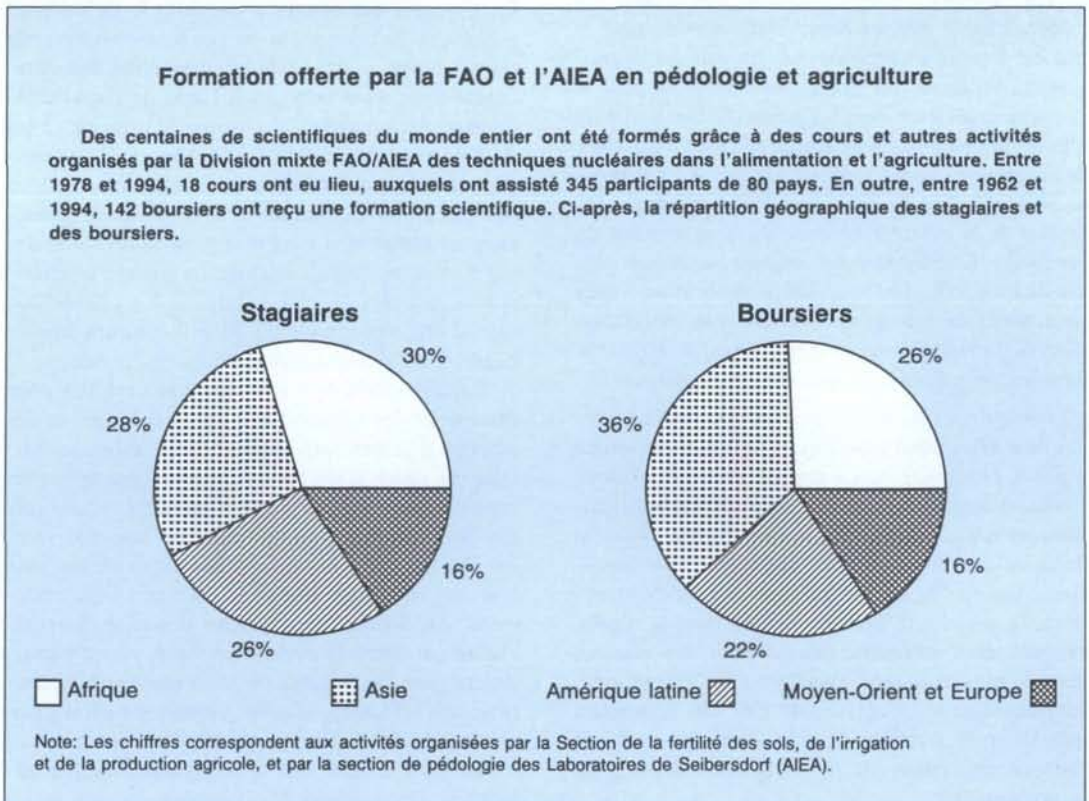
Un projet de recherche lancé en 1990 consiste à étudier comment utiliser efficacement de maigres ressources en eau pour maximiser la productivité. L'emploi de l'humidimètre à neutrons et de méthodes apparentées a facilité l'évaluation des pratiques et des calendriers d'irrigation. L'humidimètre est très utile non seulement pour mesurer la teneur du sol en eau mais aussi pour comprendre la dynamique de l'eau dans le milieu naturel. Un autre PRC a permis d'examiner l'emploi rationnel de l'eau et des engrais en zones semi-arides. Ces dernières recevant par définition peu de précipitations, la croissance des plantes et les rendements sont fortement tributaires de bonnes pratiques de gestion et de conservation de l'eau. Les travaux ont aidé à déterminer les pratiques assurant un apport suffisant de nutriments aux cultures dans ces conditions d'exploitation.

**Protection de l'environnement**

Outre leur souci d'améliorer la production agricole, nombre de pays, pour la plupart industrialisés, se trouvent en face d'un problème commun d'un autre ordre: l'infiltration de nitrates dans les eaux souterraines et la pollution de l'eau potable et des lacs qui en résulte. Dans ce cas, il faut protéger non seulement les terres arables exploitées ou potentielles, mais aussi les ressources d'azote, et respecter partout dans le monde les normes de plus en plus strictes de protection de l'environnement.

L'azote 15 est un auxiliaire particulièrement efficace pour étudier le comportement de l'azote des engrais dans l'environnement. Avec l'aide de l'Allemagne, la Division mixte FAO/AIEA a exécuté un programme international qui a fourni les directives essentielles. Les recherches ont abouti aux conclusions suivantes:

- Vu les perspectives et les délais de mise au point de nouvelles pratiques agricoles, l'application des engrais azotés par les méthodes classiques doit s'intensifier et se généraliser au cours des prochaines décennies.
- En raison de cette intensification, des quantités croissantes d'azote aussi bien du sol que des engrais s'échapperont du système sol-plante pour se perdre dans l'environnement. Les teneurs du sol en azote et la productivité qui en dépend peuvent néanmoins être préservées si l'on améliore les pratiques de gestion.
- Dans certains cas, les concentrations de nitrates dans le sol et dans l'eau potable continueront probablement d'augmenter. Il conviendrait d'en déterminer les diverses sources.
- Dans les pays en développement, les pertes d'engrais azotés coûtent relativement cher. Dans les pays industriels, la consommation croissante d'engrais ne fait qu'aggraver les problèmes et les coûts de la protection de l'environnement et de la santé. D'après les données obtenues et l'information analysée, il serait possible de circonscrire ces problèmes en améliorant les pratiques agricoles



de gestion des sols et de l'eau. En particulier, d'amples perspectives semblent s'offrir pour une meilleure exploitation des sources d'azote de remplacement, tels l'azote biologiquement fixé par les légumineuses et d'autres espèces, et les engrais organiques.

- Les organismes des Nations Unies, notamment la FAO, l'AIEA, le Programme des Nations Unies pour l'environnement et l'Organisation mondiale de la santé, peuvent, en collaborant plus étroitement avec des programmes régionaux et nationaux pertinents, prendre sans attendre les mesures indispensables pour faciliter les améliorations et la recherche nécessaires et accélérer l'éducation et la formation qui font encore défaut.

### Services et activités d'appui

Plusieurs activités sont menées de front pour assurer le transfert des technologies nucléaires en vue du développement agricole. La section de pédologie du Laboratoire FAO/AIEA d'agronomie et de biotechnologie de Seibersdorf offre toute une série de possibilités de recherche et de formation.

**Cours de formation.** Des cours interrégionaux sur l'emploi des isotopes et des rayonnements pour l'étude des relations sol-plante sont organisés tous les ans depuis 1978 au Laboratoire de Seibersdorf. Chaque cours dure normalement entre cinq et six semaines et peut être suivi par vingt participants de toutes les régions. De plus, une aide est prévue pour des cours nationaux et régionaux.

**Bourses de perfectionnement.** La section de pédologie de Seibersdorf accueille chaque année une dizaine de scientifiques dans deux disciplines. Les boursiers en analyse sont accueillis pour des périodes de deux à trois mois leur permettant de se former aux techniques analytiques isotopiques utilisées en recherche phytopédologique (méthodes d'analyse de l'azote 15 par spectrométrie d'émission optique, par exemple); la formation comporte un enseignement technique et des séances de travaux pratiques. Les boursiers en recherche sont accueillis pour des périodes de six à douze mois et travaillent dans un domaine relevant du programme de travail de la Division mixte FAO/AIEA. Ils reçoivent un enseignement sur les stratégies expérimentales et les applications des méthodes isotopiques et apparentées dans les domaines où ils continueront de travailler après leur retour dans leur pays. Ils doivent terminer un travail de recherche et en faire le rapport.

En outre, l'AIEA propose des séjours de brèves durées spécialement réservés à des scientifiques chevronnés. D'autres possibilités de formation sont offertes aux scientifiques de pays industriels et de pays en développement, telles que des places d'internes tous frais payés, des services d'experts à titre gratuit et des postes d'adjoints professionnels.

**Aide à la recherche.** Dans le cadre des PRC et d'autres structures, d'amples réseaux internationaux et régionaux ont été créés au cours des années. La section de pédologie du Laboratoire offre un certain nombre de services d'appui: 15 à 20 000 échantillons sont analysés chaque année pour des projets en cours dans des pays en développement; des engrais marqués à l'azote 15 sont envoyés à des participants à des projets de recherche déterminés et des services d'analyse sont fournis à des laboratoires de pays en développement qui reçoivent une assistance technique de l'AIEA mais ne disposent pas d'installations suffisantes; et elle demeure le principal responsable de la mise au point et du transfert de la technologie du dosage de l'azote 15 destinée aux projets d'assistance technique de l'AIEA.

**Service international d'assurance de la qualité.** Sa création sera l'objet d'une initiative récente. Il visera les dosages de l'azote 15 par spectrométrie d'émission optique et les installations de la section de pédologie serviront de laboratoire FAO/AIEA de «référence». Il devra:

- veiller à ce que les dosages de l'azote 15 par les laboratoires locaux soient internationalement acceptables;
- rassurer et encourager les homologues en ce qui concerne leurs pratiques analytiques;
- favoriser la coopération régionale et assurer le transfert effectif des méthodes d'analyse de l'azote 15 aux pays en développement dans le cadre des programmes FAO/AIEA.

Ce service marque un nouveau progrès de l'action internationale vers le transfert effectif des techniques nucléaires et isotopiques à des fins bénéfiques. Il permettra aux pays en développement de se perfectionner dans l'application de ces puissants moyens de développer l'agriculture de façon durable.

## La Conférence générale de l'AIEA se réunit à Vienne le 18 septembre

La 39<sup>ème</sup> session ordinaire de la Conférence générale de l'AIEA s'ouvrira à l'Austria Center de Vienne le 18 septembre 1995 pour examiner pendant une semaine les politiques, les programmes et le budget de l'AIEA. Les représentants des gouvernements de la plupart des 122 Etats Membres de l'AIEA y seront attendus.

A l'ordre du jour figurent le renforcement de la coopération technique, l'hydrologie isotopique au service de la gestion des ressources d'eau, les mesures visant à renforcer la coopération internationale en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et de gestion des déchets radioactifs, l'amélioration de l'efficacité et du rendement du système des garanties, l'action contre le trafic illégitime de matières nucléaires et autres sources radioactives, l'application de l'accord de garanties

conclu avec la République populaire démocratique de Corée (RPDC), l'application des résolutions du Conseil de sécurité de l'ONU concernant les inspections nucléaires en Iraq, le projet de zone dénucléarisée en Afrique, l'application des garanties de l'AIEA au Moyen-Orient, et le programme et budget pour 1996.

Diverses activités sont prévues dans le cadre de la Conférence, dont un programme scientifique spécial, les réunions traditionnelles de cadres sur la sûreté nucléaire, et des réunions de groupe pour examiner les programmes de coopération régionale de l'AIEA en Amérique latine, en Asie et Pacifique et en Afrique.

Pour plus ample information, s'adresser à la Division de l'information de l'AIEA.

## Réunion du Conseil des gouverneurs de l'AIEA

Pendant sa réunion du 10 au 16 juin dernier, à Vienne, le Conseil des gouverneurs de l'AIEA a examiné, entre autres, des propositions précises visant le renforcement et la rentabilisation du système des garanties. Il a pris note du plan de l'Agence pour mettre en œuvre certaines mesures en vertu de ses pouvoirs actuels, étant entendu qu'elle devra définir des modalités d'application à l'intention de ses Etats Membres et poursuivre ses consultations avec ceux-ci pour préciser certains points qui les préoccupent.

**Propositions relatives aux garanties.** Les propositions élaborées à la demande du Conseil au sujet des vérifications par l'AIEA dans les pays signataires d'accords de garanties généralisées comportent deux parties: la première concerne les mesures que l'Agence pourrait appliquer en vertu de ses pouvoirs actuels et qu'il serait à la fois pratique et utile de mettre en œuvre à brève échéance; la seconde concerne les mesures qui exigeraient juridiquement une extension de son autorité. En juin, le Conseil ne s'est occupé que de la première partie, les mesures proposées prévoyant, par exemple, un plus libre accès à l'information portant sur les sites et les activités relevant des programmes nucléaires des Etats, et le prélèvement d'échantillons de l'environnement aux endroits où l'AIEA peut accéder. La seconde partie sera étudiée ultérieurement au courant de l'année.

Dans sa déclaration au Conseil, M. Hans Blix, directeur général de l'AIEA, a souligné le gros effort que représentait pour l'AIEA son programme de développement des garanties dénommé «93+2», et a remercié les Etats Membres de leur collaboration et de leur appui à l'élaboration des diverses propositions. La communauté internatio-

nale, a-t-il ajouté, s'intéresse vivement aux initiatives de l'Agence pour améliorer la performance des garanties, et s'attend à ce que le Conseil soutienne l'impulsion qu'il a donnée en vue d'améliorer la crédibilité et le rendement du système des garanties.

Dans ce contexte, le Conseil a également examiné le rapport de l'AIEA sur l'application des garanties en 1994, ainsi que la mise en œuvre de l'accord de garanties conclu avec la RPDC. A ce sujet, et tandis que les inspecteurs de l'AIEA sont présents en permanence à Nyongbyon, M. Blix a rendu compte au Conseil de l'évolution de la situation depuis mars, en précisant que l'AIEA s'efforçait de fixer le calendrier d'une nouvelle série d'entretiens techniques sur certaines questions restées en suspens. Le Conseil a pris note de cette information et exprimé le souhait que ces entretiens aient lieu bientôt. Il était en outre saisi des questions suivantes:

**Coopération technique.** Au vu du rapport sur les activités de coopération technique en 1994, le Conseil a félicité l'AIEA du rythme record d'exécution, et de l'adoption de projets modèles. Cela dit, il a regretté le faible montant des promesses de contributions au Fonds d'assistance et de coopération techniques et souligné la nécessité de ressources suffisantes, prévisibles et certaines pour les activités de coopération technique de l'Agence. Quant au groupe consultatif permanent de l'assistance et de la coopération techniques qui est envisagé, le Conseil a approuvé les dispositions prises par le Directeur général en vue de sa création. Ce groupe donnera des conseils sur l'orientation du programme et sur les mesures propres à améliorer son efficacité et son rendement.

Le Conseil a pris note également d'un rapport sur les nouvelles dispositions prises par l'AIEA pour aider les pays à gérer les ressources en eau. Il s'agit en particulier de projets de coopération technique sur l'emploi des méthodes isotopiques en hydrologie, des activités interorganisations visant à aider les pays à résoudre les problèmes de l'eau et de la recherche à laquelle participent pays industriels et pays en développement dans le cadre du programme de recherche coordonnée de l'Agence.

**Sûreté radiologique.** Le Conseil a approuvé un document sur les fondements de la sûreté concernant la radioprotection et la sûreté des sources radioactives, et autorisé sa publication dans la Collection Sécurité de l'AIEA. Il avait déjà approuvé des documents analogues sur la sûreté des installations nucléaires (en 1992) et la gestion des déchets radioactifs (en mars 1995).

**Gestion des déchets radioactifs.** Le Conseil a autorisé la présentation à la Conférence générale d'un rapport sur les récentes initiatives visant à résoudre les problèmes de gestion des déchets radioactifs qui se posent au niveau international. Le Directeur général a par ailleurs fait savoir au Conseil qu'un groupe d'experts techniques et juri-

diques se réunirait cette année pour la première fois du 3 au 7 juillet pour préparer la convention sur la gestion des déchets radioactifs. Il devra étudier les objectifs, les principes et le champ d'application de la convention, ainsi que les obligations des parties contractantes et les arrangements institutionnels nécessaires.

**Responsabilité en cas de dommages nucléaires.** Le Conseil a été saisi d'un rapport intérimaire sur les travaux du Comité permanent sur la responsabilité pour les dommages nucléaires qui se penche sur cette question depuis plusieurs années. Le Comité a récemment conclu qu'une conférence diplomatique serait organisée en 1996 pour amender la Convention de Vienne et adopter un système de compensation supplémentaire. La date n'en sera fixée qu'après achèvement des travaux préparatoires et présentation du rapport final du Comité.

**Budget ordinaire pour 1996.** Sur la recommandation du Comité des questions administratives et budgétaires, le Conseil a approuvé le budget ordinaire de l'AIEA pour 1996 qui s'élève à 219 millions de dollars, au taux de 12,70 schillings autrichiens pour 1 dollar.

Les parties au Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP) ont décidé en mai dernier de proroger le Traité *sine die* et ont confirmé l'AIEA dans son rôle de vérification et de transfert de technologie. M. Blix s'est adressé au Conseil des gouverneurs pour préciser les points suivants:

- La Conférence a confirmé de nouveau que l'ultime finalité du TNP était un monde sans armement nucléaire. Aux termes de ce traité, les Etats non dotés d'armes nucléaires s'engagent à ne pas en acquérir et les Etats qui en sont dotés s'engagent au désarmement nucléaire. Aussi les vérifications sont-elles d'autant plus importantes, notamment celles qu'effectue ou pourrait effectuer l'AIEA.

- La Conférence s'est déclarée en faveur du transfert et de l'emploi des techniques nucléaires pacifiques conformes au TNP. Le principe de l'atome au service de la paix est ainsi préservé. Pour l'AIEA, cela signifie la continuation de ses importantes activités dans les domaines de la sûreté nucléaire, de l'évacuation des déchets, du transfert de la technologie nucléaire, et de l'assistance technique.

- La Conférence a adopté des principes et des objectifs dont certains concernent directement le rôle et les travaux de l'AIEA, expressément reconnue comme l'autorité compétente responsable de

l'application des accords de garanties. Elle a spécifié que les parties au TNP qui ont des doutes quant au respect d'accords de garanties conclus dans le cadre du TNP devraient, avec preuves et renseignements à l'appui, en faire part à l'AIEA pour examen, enquête, conclusions et décision quant aux mesures à prendre conformément à son mandat. Elle a adressé un appel en faveur des mesures prises par le Conseil des gouverneurs pour renforcer les garanties et notamment l'aptitude de l'Agence à détecter les activités nucléaires non déclarées. Elle a recommandé que les matières nucléaires provenant du secteur militaire soient placées dès que possible sous les garanties de l'AIEA.

- La Conférence a fixé à 1996 la conclusion d'un accord d'interdiction totale des essais nucléaires. Elle a recommandé la conclusion prochaine d'un accord de cessation de la production de matières fissiles pour la fabrication d'armes nucléaires et autres engins nucléaires explosifs, et approuvé la création de nouvelles zones dénucléarisées. Le mandat précis de l'AIEA en ce qui concerne ces diverses mesures est encore à déterminer. L'accord de cessation proposé aurait recours aux garanties de l'AIEA en tant qu'élément essentiel du dispositif de vérification. Quant aux nouvelles zones dénucléarisées — à en juger d'après celles qui existent

**La Conférence sur le TNP confirme l'AIEA dans son rôle**

— l'AIEA jouerait aussi un rôle de vérification. Au sujet de l'interdiction totale des essais, les accords de garanties généralisées de l'AIEA prévoient déjà la vérification par des inspecteurs de l'Agence du respect de l'engagement des Etats non dotés d'armes nucléaires de ne pas détourner de matières nucléaires pour fabriquer des armes ou autres dispositifs nucléaires explosifs. Les tâches précises que l'AIEA pourrait être appelée à assumer aux termes d'un traité d'interdiction totale sont encore à déterminer par les Etats qui le négocieront.

● La Conférence a aussi demandé que tout soit fait pour s'assurer que l'AIEA dispose des ressources financières et humaines nécessaires pour

s'acquitter effectivement de son mandat en matière de coopération technique, de garanties et de sûreté nucléaire.

La Conférence d'examen et de prorogation du TNP s'est réunie au Siège de l'ONU, à New York, du 17 avril au 12 mai 1995. Un total de 175 Etats parties au Traité y étaient représentés. M. Blix a pris la parole le jour de l'ouverture (*voir ci-après*) et des cadres de l'AIEA ont suivi les débats en permanence. L'AIEA a présenté des documents d'information sur ses activités en rapport avec le TNP, en particulier sur les problèmes de garanties et de coopération technique.

## **Le Directeur général de l'AIEA s'adresse à la Conférence sur le TNP**

**P**renant la parole à la séance d'ouverture de la Conférence d'examen et de prorogation du TNP, M. Blix a rappelé l'essentiel du mandat confié à l'Agence aux termes du TNP et l'urgence pour elle de disposer des ressources nécessaires pour s'en acquitter convenablement.

L'Agence, a-t-il dit, doit être dotée des moyens requis — ressources suffisantes, renforcement et rationalisation des garanties — pour vérifier effectivement que les engagements de non-prolifération sont respectés, et faire ainsi régner la confiance entre les parties. L'AIEA a un rôle majeur et statutaire à jouer en favorisant l'exploitation pacifique de l'énergie nucléaire et en aidant à prévenir son

usage à des fins militaires, tâche essentielle pour la mise en œuvre du TNP. M. Blix a rappelé les propositions dont est saisi le Conseil des gouverneurs de l'AIEA relatives au programme de développement des garanties, lesquelles renforceraient considérablement l'assurance qu'il n'y a pas d'installations non déclarées. Parallèlement, ajouta-t-il, l'AIEA demeurerait la principale voie de communication intergouvernementale pour le transfert des techniques nucléaires pacifiques utiles aux pays dans divers domaines. Le texte du discours peut être obtenu auprès de la Division de l'information de l'AIEA, ou par le service *World Atom Internet* de l'AIEA.

## **Gestion des déchets nucléaires en Russie**

**U**n séminaire international réuni par l'AIEA en mai dernier a ouvert la voie à un renforcement de la coopération internationale avec la Fédération de Russie en matière de gestion des déchets radioactifs et de régénération de l'environnement. Plus de trente représentants de ministères et d'organismes russes s'occupant de gestion des déchets, ainsi que des représentants de quinze autres pays et d'une organisation internationale, y ont participé. Les objectifs étaient les suivants: examiner la situation actuelle et les projets de la Fédération de Russie en

matière de gestion des déchets radioactifs, déterminer les points sensibles et étudier les priorités d'une coopération éventuelle. A cette fin, un exposé complet des programmes de gestion des déchets de la Russie, y compris leur structure et leurs problèmes, a été fait. Les participants ont également présenté en détail des programmes de coopération bilatérale avec la Russie dans ce domaine. Ce séminaire a été organisé à la demande du Conseil des pays nordiques avec l'approbation des autorités russes.

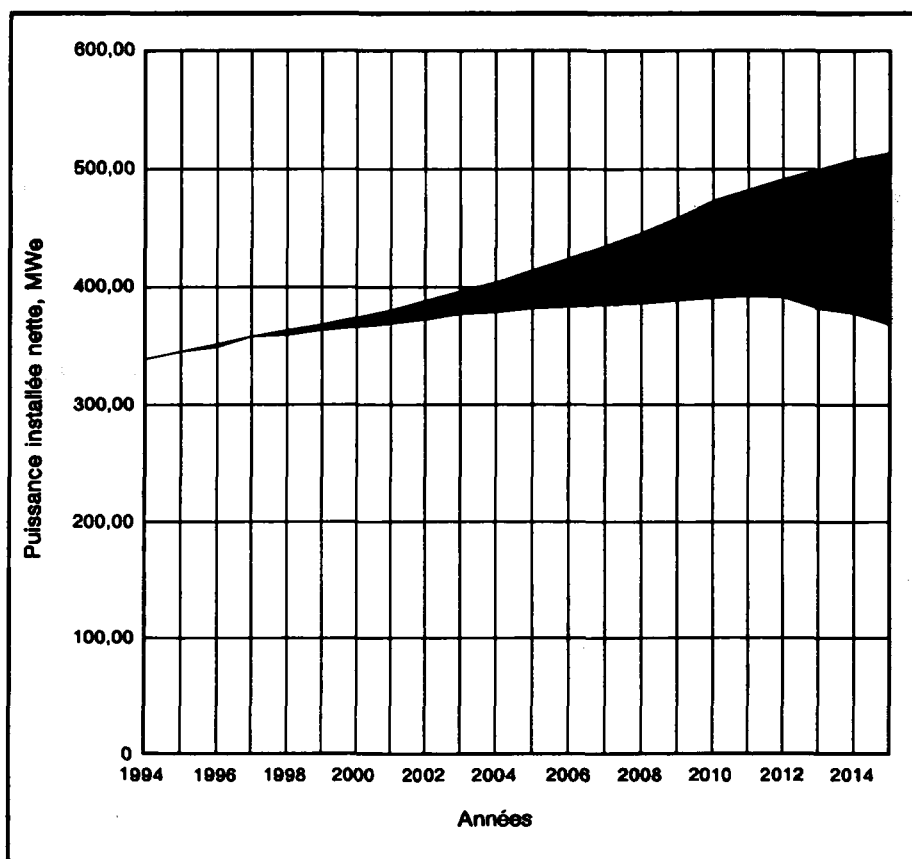
Dans son allocution, M. Hans Blix a félicité les pays nordiques de leur initiative et a remercié la Fédération de Russie de sa réponse positive. Il a fait allusion au travail de Romain que représentaient le traitement, le stockage et l'évacuation des déchets radioactifs, de même que la régénération de l'environnement, en rappelant que l'AIEA et ses Etats Membres pouvaient opportunément apporter aide et collaboration.

Un rapport sur le séminaire est en préparation à l'AIEA. A titre complémentaire, une réunion d'experts est prévue au courant de cette année pour mettre au point des propositions de coopération et préciser le rôle que pourrait jouer l'AIEA pour faciliter ces activités.

## Perspectives du nucléaire

Une croissance modeste et régulière du secteur nucléo-énergétique est prévue au cours des quinze prochaines années dans les conditions restrictives actuelles, d'après les estimations récentes de la Section de la planification et des études économiques de la Division de l'énergie d'origine nucléaire. Elle pourrait être bien supérieure si quelques obstacles — contraintes financières, faible demande d'électricité dans les pays industriels, attitude négative du public dans certains pays — évoluaient dans le bon sens. La fourchette des prévisions apparaît sur le graphique ci-dessous.

Année	Puissance installée nette, MWe	
	Minimale	Maximale
1994	340,347	340,347
1995	345,153	346,103
1996	349,398	352,019
1997	355,936	359,186
1998	362,737	364,520
1999	364,760	368,396
2000	366,729	375,242
2001	368,844	381,803
2002	374,087	391,618
2003	377,362	399,606
2004	379,780	408,531
2005	382,444	415,888
2006	383,913	427,527
2007	385,586	436,759
2008	387,768	448,497
2009	389,460	459,525
2010	391,036	475,535
2011	394,159	483,337
2012	392,393	493,005
2013	383,273	502,447
2014	377,847	509,231
2015	368,671	515,539



## Cuba et Brésil: information nucléaire

En mai de cette année, Cuba et le Brésil ont accueilli des séminaires d'information dans le domaine nucléaire qui ont réuni des informateurs, des journalistes et des représentants de gouvernements de pays d'Amérique latine et des régions avoisinantes.

A La Havane, plus de quatre-vingts participants de Cuba et de huit autres pays, réunis du 17 au 19 mai dernier, ont discuté de toute une série de questions intéressant l'information du public et l'évolution du nucléaire, y compris des rapports intérimaires sur les études et réalisations de Cuba dans le domaine nucléaire. Le séminaire, patronné par l'AIEA et l'Agence cubaine pour l'énergie nucléaire, était accueilli par le Centre d'information sur l'énergie nucléaire (CIEN) de Cuba.

Le séminaire de Rio de Janeiro, réuni du 24 au 26 mai dernier, s'est essentiellement intéressé aux questions d'énergie et d'environnement, aux suites de Tchernobyl, à la gestion des déchets et à la non-prolifération. Plus de cent journalistes, officiels et représentants des secteurs nucléaire et électrique, y compris des délégués de six pays voisins, y ont assisté. Le séminaire était patronné par l'AIEA,

la Commission brésilienne de l'énergie nucléaire et les Industries nucléaires du Brésil.

Ces deux séminaires étaient les derniers en date d'une série de réunions organisées au titre d'un programme extrabudgétaire d'information financé par le Japon. Les prochaines réunions sont prévues au Viet Nam et au Japon.

## Japon, Roumanie et Pologne: Convention sur la sûreté nucléaire

Le Japon, la Roumanie et la Pologne sont devenus parties à la Convention sur la sûreté nucléaire. Le Japon a déposé son instrument d'adhésion le 12 mai dernier, tandis que la Roumanie et la Pologne ont ratifié la Convention le 1er et le 14 juin, respectivement. La Norvège, la République slovaque et la Turquie étaient déjà devenues parties à la Convention, ce qui portait le nombre de pays signataires à cinquante-huit, au 15 juin de cette année.

La Convention fut adoptée par une conférence diplomatique réunie sous l'égide de l'AIEA le 17 juin 1994, et ouverte à la signature le 20 septembre de la même année. Elle entrera en vigueur après ratification/adhésion de vingt-deux Etats, dont dix-sept doivent posséder au moins un réac-



Séminaire du Brésil: M. Boris Semenov, directeur général adjoint de l'AIEA chargé de l'énergie et de la sûreté nucléaires (photo de gauche), et M. Abel González, directeur adjoint de la Division de la sûreté nucléaire (à gauche sur la photo de droite), ont pris la parole au nom de l'Agence. Séminaire de Cuba (photo du centre): parmi les participants, Mme Rosa Elena Simeon, ministre de la science, de la technologie et de l'environnement, M. Daniel Codorníu Pujals, président de l'Agence cubaine pour l'énergie nucléaire (à gauche), M. Mohamed ElBaradel, sous-directeur général de l'AIEA (deuxième à partir de la droite), et M. Dirk Schriefer, directeur de la Division des opérations B du Département des garanties de l'AIEA (à droite). (Photos: F. Diaz López, CIEN; Commission brésilienne de l'énergie nucléaire)





teur ayant atteint la criticité. Le Japon est le premier pays doté d'un vaste programme nucléaire qui ait adhéré à la Convention. Aux termes de celle-ci, les parties s'engagent à instituer un cadre législatif et une réglementation visant la sûreté de leurs centrales nucléaires terrestres civiles, à appliquer les principes fondamentaux de sûreté relatifs aux installations nucléaires, à présenter des rapports périodiques sur l'exécution de leurs obligations et à participer à des réunions périodiques d'examen par des homologues.

#### La Barbade et le Bélarus: garanties

Le Conseil des gouverneurs a autorisé l'Agence à conclure l'accord de garanties généralisées négocié avec la Barbade au début de cette année, qui s'est acquittée des obligations qui lui incombent en vertu du Traité de Tlatelolco et du TNP. Le Gouvernement a informé l'AIEA que le pays ne possède pas de matières nucléaires relevant des garanties aux termes de l'accord.

Le Bélarus a signé. Le Gouvernement du Bélarus a notifié officiellement à l'AIEA qu'il avait signé l'accord de garanties généralisées conclu avec elle dans le cadre du TNP, Traité

auquel le Bélarus avait adhéré en juillet 1993; la cérémonie de signature a eu lieu au Bélarus le 14 avril 1995.

#### France: le DG prend la parole à une réunion de l'AMECEN

Dans son allocution à la réunion de l'Association mondiale des exploitants de centrales nucléaires organisée à Paris le 24 avril 1995, M. Hans Blix a félicité les pays des progrès décisifs qu'ils ont faits dans le domaine de la sûreté et de l'exploitation pacifique de l'énergie nucléaire. Il a aussi rappelé que l'expansion du nucléaire dans le monde allait de pair avec un surcroît d'engagement de non-prolifération. Contrairement à ce que certains pensent, a-t-il ajouté, l'énergie d'origine nucléaire et les armes nucléaires ne sont pas des «sœurs siamoises» et, dans le monde d'aujourd'hui, il n'est pas utopique de rechercher un désarmement nucléaire pratiquement total et de favoriser une adhésion universelle à l'engagement de non-prolifération. Il a de nouveau souligné les progrès réalisés sur le plan international en matière de sûreté nucléaire et de gestion des déchets radioactifs, ainsi que les avantages manifestes que pré-

#### Inde: donation aux Laboratoires de l'AIEA

L'Inde a fait don aux Laboratoires de l'AIEA de Seibersdorf de divers instruments et des logiciels associés, destinés à la formation de scientifiques et de techniciens et aux applications pratiques des techniques nucléaires. Ce matériel a été présenté à M. Hans Blix par M. R. Chidambaram, président de la Commission indienne de l'énergie atomique et président actuel du Conseil des gouverneurs de l'AIEA, lors d'une cérémonie qui a eu lieu aux Laboratoires le 19 juin dernier. Les instruments sont conçus pour la détermination *in situ* de nombreux éléments chimiques d'intérêt nucléaire et écologique, et pour la surveillance en continu des faibles niveaux de radioactivité dus aux gaz nobles et à divers éléments, dont l'iode 131. Les Laboratoires sont les protagonistes du transfert mondial des techniques nucléaires utilement appliquées en agriculture, en médecine, dans l'industrie et dans les sciences.

A Seibersdorf, M. Chidambaram (à gauche) explique à M. Blix l'emploi des instruments donnés par l'Inde.  
(Photo: Pavlicek, AIEA)



sentent les centrales nucléaires pour l'environnement. Le texte du discours peut être obtenu en s'adressant à la Division de l'information de l'AIEA ou par le service Internet de l'AIEA.

## **Géorgie et Bosnie-Herzégovine: admissions à l'AIEA**

**A** sa réunion de juin dernier, le Conseil des gouverneurs a accepté les demandes d'admission de la Géorgie et de la Bosnie-Herzégovine et les a recommandées pour approbation à la Conférence générale de l'Agence qui doit se réunir le 18 septembre prochain à Vienne. L'AIEA compte actuellement 122 Etats Membres.

## **AFRA: cinq ans de plus**

**A**u début de juin, dix pays africains — Afrique du Sud, Algérie, Cameroun, Egypte, Ethiopie, Madagascar, Maurice, Soudan, Tanzanie et Tunisie — ont officiellement fait savoir à l'AIEA qu'ils acceptaient la prorogation pour cinq ans de l'accord régional de coopération AFRA, qui a pris effet officiellement le 4 avril dernier. L'AFRA concerne essentiellement la recherche, le développement et la formation en science et technologie nucléaires.

Depuis son entrée en vigueur en 1990, l'AFRA s'est avéré efficace pour promouvoir la coopération régionale, coordonner les connaissances et les ressources et améliorer les aptitudes dans les divers domaines de la technologie nucléaire. Des projets sont en cours pour l'alimentation et l'agriculture, la santé humaine, les applications industrielles, la radioprotection et la sûreté, et l'instrumentation nucléaire, entre autres spécialités.

## **Nouvelle-Ecosse: déclaration du sommet du G-7**

**L**ors de leur sommet économique de Halifax, les dirigeants des pays industriels du Groupe des Sept ont publié, le 16 juin dernier, un communiqué contenant des déclarations sur la sûreté nucléaire, dont voici quelques extraits:

«Chaque pays est responsable de la sûreté de ses installations nucléaires. Nous nous réjouissons des améliorations apportées jusqu'à présent à la sûreté nucléaire dans les pays d'Europe centrale et orientale et dans les pays nouvellement indépendants. Nous félicitons le Président de l'Ukraine, M. Kuchma, d'avoir décidé de fermer la centrale nucléaire de Tchernobyl pour l'an 2000 ... Pour faciliter cette opération, nous continuerons de rechercher l'appui de la communauté internationale pour des projets bien conçus visant la production d'énergie, le rendement énergétique et la sûreté nucléaire. Toute assistance pour remplacer la pro-

duction de Tchernobyl sera fondée sur des critères rationnels de rentabilité et d'écologie.»

Entre autres choses, la déclaration encourage également l'action mondiale en faveur d'un développement durable et souligne qu'il importe de respecter les engagements écologiques pris au sommet «Planète Terre» de Rio de 1992 en ce qui concerne l'évolution du climat. Le prochain sommet économique du G-7 devrait se réunir à Lyon (France) du 27 au 29 juin 1996.

## **Russie: exercice d'intervention en cas d'urgence**

**D**es équipes nationales et internationales, y compris le Groupe d'intervention d'urgence de l'AIEA, ont pris part en juin de cette année à un exercice d'intervention, avec accident simulé, dans une centrale nucléaire du nord de la Russie. L'opération, patronnée par le Département des affaires humanitaires des Nations Unies, devait mettre à l'épreuve les procédures internationales et les réseaux de communication d'urgence en cas d'accident.

Des équipes et des experts de divers pays se sont joints aux groupes d'intervention d'urgence de Russie, de l'AIEA et du Département des affaires humanitaires. Mentionnons notamment les équipes militaires spécialisées et de protection civile venues d'Autriche, de Finlande, de France et de Norvège, et les experts d'Allemagne, du Canada, du Danemark, des Etats-Unis, d'Italie, de Lituanie, du Royaume-Uni, de Suède et d'Ukraine, ainsi que les experts de la Commission européenne, de l'Organisation internationale de protection civile et de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord. L'exercice a été organisé dans le cadre d'un projet du Département des affaires humanitaires sur l'utilisation de moyens militaires et de protection civile dans les opérations internationales de secours. Pour plus ample information, s'adresser au Département des affaires humanitaires de l'Office des Nations Unies de Genève (Suisse).

## **Etats-Unis: l'énergie nucléaire est écologique**

**L**a production d'électricité d'origine nucléaire a le mérite d'aider les Etats-Unis à réduire leurs émissions de dioxyde de carbone et à se rapprocher des objectifs écologiques qu'ils se sont fixés pour le siècle prochain. Une étude du Nuclear Energy Institute (NEI) publiée en juin signale que les émissions de CO<sub>2</sub> dues à la production d'électricité auraient été de 32% plus élevées en 1994 en l'absence de centrales nucléaires. Il aurait fallu brûler plus de charbon, de mazout et de gaz naturel pour assumer la part du nucléaire absent, précise l'étude, ce qui aurait aggravé les émissions de

dioxyde de carbone et autres gaz nocifs pour l'environnement. Aux Etats-Unis, l'énergie nucléaire assure tout juste un peu moins de 22% de la production d'électricité, sans émission de CO<sub>2</sub>; c'est de loin la contribution la plus importante à l'effort de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Pour plus ample information, s'adresser à NEI, 1776 Eye Street NW, Washington, D.C., 20006-3708.

## **Maroc: séminaire sur l'irradiation des aliments**

C'est à Rabat que l'on prévoit de réunir, au début de 1996, un séminaire régional sur l'irradiation des aliments.

Il sera organisé par la Division mixte FAO/AIEA, la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique, l'Institut international du froid, le Centre du commerce international et l'Organisation mondiale de la santé. Son thème principal sera les applications de la technologie de l'irradiation en vue de réduire les pertes de denrées alimentaires après la récolte ainsi que l'incidence des maladies transmises par les aliments, et de faci-

liter le commerce de certaines denrées à l'intérieur du continent africain et des régions avoisinantes, et vers l'extérieur.

Le séminaire se réunira du 26 février au 1er mars 1996. Pour tout renseignement complémentaire, s'adresser à la Division mixte FAO/AIEA, au siège de l'AIEA, à Vienne.

## **Arménie: sûreté de Medzamor**

L'AIEA s'est de nouveau déclarée prête à aider les services arméniens de réglementation dans leurs efforts pour résoudre les problèmes techniques qui risqueraient de compromettre la sûreté de la centrale nucléaire Medzamor-2, à l'arrêt depuis 1989, que le Gouvernement envisage de redémarrer.

Au cours des derniers mois, des spécialistes de l'Agence se sont rendus en Arménie pour étudier les problèmes techniques, sismiques et de personnel qui se posent dans cette centrale. Dans son exposé sur la question au Conseil des gouverneurs, en juin dernier, M. Hans Blix a fait savoir qu'il avait transmis les principales conclusions de l'expertise au Premier Ministre, M. Bagratian, qui l'a remercié de l'intervention de l'Agence. Il a pré-

## **EXPLORANIUM GR-650 Mobile Spectrometer System**

- Integrated Radiation Survey System for Airborne and Surface Vehicle Operations
- Internal 256/512 Channel Gamma-Ray Spectrometer
- Sodium-Iodide Detector:  
4 to 21 Litres (256 to 1024/256 cubic inches)
- Real Time Display of Location/Isotope/Spectrum
- Integrated Differential GPS Navigational System
- Integral Data Processing Capability  
for Radiation Surveys and Contamination Mapping

Full Line of Airborne, Surface Vehicle and Portable Radiation Detection Systems for Environmental Applications.

### **EXPLORANIUM**

264 Watline Avenue Tel: (905) 712-3100  
Mississauga, ON Fax: (905) 712-3105  
Canada L4Z 1P4



cisé que la décision de remettre la centrale en service incombait exclusivement au Gouvernement arménien, mais qu'il faudrait absolument, au cas où elle serait prise, que les problèmes en suspens soient résolus et que la centrale dispose d'un personnel d'exploitation compétent et bien formé.

A l'issue de leur examen, les experts ont recommandé de faire les modifications intéressant la sûreté antérieurement approuvées par l'organisme de réglementation; de procéder à des essais complets des systèmes de sûreté avant le redémarrage; de veiller à ce que l'effectif du personnel qualifié et autorisé soit suffisant; de résoudre le problème de l'intégrité du caisson étanche du réacteur, en acier non recuit; de ne rien négliger pour évaluer et améliorer la résistance de l'installation aux séismes; enfin, de parfaire les plans d'intervention.

### **Chine: conférence sur les isotopes**

**D**es experts internationaux des applications des isotopes et des rayonnements en écologie, en agriculture, dans l'industrie et à d'autres fins se sont réunis à Beijing du 7 au 12 mai dernier à l'occasion de la Conférence internationale sur les isotopes. Ils ont parlé de diverses applications et de questions concernant la sûreté radiologique au niveau de la production et de l'emploi des radio-isotopes. Parmi les orateurs invités se trouvaient M. David Waller, directeur général adjoint de l'AIEA chargé de l'administration, et M. Pierre Danesi, directeur des Laboratoires de Seibersdorf. M. Waller a fait

le tour de la situation mondiale du nucléaire et a parlé de l'influence de son évolution sur les activités et les programmes de l'AIEA. M. Danesi a parlé du rôle des techniques nucléaires et isotopiques dans le contexte des problèmes écologiques, et des activités des Laboratoires de Seibersdorf. La conférence, patronnée par la Société nucléaire chinoise, la Société isotopique de Chine et douze associations du monde entier, était organisée en collaboration avec l'AIEA. Pour plus ample information, s'adresser à M. Lin Qiongfang, B.P 275-12, Beijing 102413, Chine.

### **Italie et inde: le CIPT décerne un prix**

**L**e Centre international de physique théorique (CIPT) de Trieste a annoncé que son prix de physique des hautes énergies pour 1995 avait été décerné à M. Spenta Wadia, de l'Institut Tata de recherche fondamentale de Bombay. Cette distinction comporte une médaille, un diplôme et un don de 1 000 dollars. M. Wadia, dont les travaux de recherche en physique théorique des hautes énergies lui ont valu un hommage international, a reçu le prix le 14 juin dernier, lors d'une cérémonie au siège du CIPT. Cette distinction annuelle a été instituée en 1982 pour récompenser des travaux originaux et exceptionnels en mathématiques et en physique. Pour plus ample information, s'adresser à Mme Anna Triolo, Bureau de l'information scientifique, CIPT, Strada Costiera 11, Trieste, Italie 34014.

### **Autriche: colloque sur l'électricité, la santé et l'environnement**

**E**n octobre 1995, Vienne accueillera le colloque international sur l'électricité, la santé et l'environnement: évaluation comparative au service des décideurs. Il portera sur les problèmes de l'évaluation des options sûres, rentables et non polluantes de production d'électricité et sera organisé par l'AIEA en collaboration avec neuf partenaires: la Commission européenne (CE), la Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique (CESAP), l'Institut international d'analyse appliquée des systèmes (IIAAS), l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE), l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI), la Banque internationale pour la reconstruction et le développement (BIRD) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Toutes ces organisations participent à un projet dénommé DECADES (Bases de données et méthodologies pour l'évaluation comparative de différentes sources d'énergie servant à la production d'électricité). Le colloque examinera les résultats du projet DECADES et ceux d'autres études internationales, et présentera des études de cas faites dans divers pays. M. Blix prononcera le discours d'ouverture, et les thèmes principaux seront exposés par de hauts fonctionnaires des organisations participantes.

**L'AFRIQUE DENUCLEARISEE.** L'accord s'est fait en mai dernier sur le projet de traité instituant une zone dénucléarisée en Afrique, traité qui prévoit notamment que l'AIEA vérifiera l'exécution des obligations de non-prolifération des Etats signataires. Le projet est actuellement soumis pour approbation au Conseil des ministres de l'Organisation de l'unité africaine.

**NOUVEAU DIRECTEUR DU CIPT.** M. Miguel A. Virasoro (Argentine) est le nouveau directeur du CIPT. Il a été nommé en mai dernier par M. Blix, en consultation avec M. Frederico Mayor, directeur général de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO). Au cours de sa brillante carrière scientifique internationale, M. Virasoro a assumé de hautes fonctions dans quatre pays et au CERN à Genève. Il succède à M. Abdul Salam (Pakistan) qui devient président du Centre.

#### NON-PROLIFERATION NUCLEAIRE.

Un ouvrage documentaire sur l'évolution de la situation mondiale en matière de non-prolifération nucléaire a été publié par la Fondation Carnegie pour la paix internationale. Sous le titre *Tracking Nuclear Proliferation* sont présentés des cartes, figures, tableaux et graphiques pour aider le lecteur à se représenter l'environnement nucléaire international qui ne cesse de se transformer et de se diversifier. Le livre contient des exposés de problèmes nationaux et internationaux, de brèves synthèses des tendances mondiales et du régime de non-prolifération nucléaire, sans négliger le rôle de l'AIEA, ainsi qu'une appréciation des principaux événements. Il a été rédigé sous la direction de Leonard S. Spector et édité chez Mark G. McDonough et Evan Medeiros. Pour plus ample information, s'adresser à Carnegie Endowment for International Peace, 2400 N Street NW, Washington, D.C., 20037 Etats-Unis.

**NOUVELLES CENTRALES NUCLEO-ELECTRIQUES.** Divers pays de par le monde envisagent d'augmenter leur puissance installée d'environ 629 gigawatts d'ici à 2003, selon de nouvelles estimations du Utility Data Institute (UDI). Ces prévisions représentent une croissance annuelle de 2,1% entre 1994 et 2003. Actuellement, la puissance installée dans l'ensemble du monde est de quelque 2 925 gigawatts. Les projections correspondent

pour l'essentiel à une augmentation prévue de la consommation de combustibles fossiles, notamment de charbon et de gaz, ces deux combustibles comptant pour 49% de l'augmentation, et le charbon, à lui seul, pour 31%. La part du nucléaire n'est que de 10% approximativement. Ces chiffres sont cités dans le *World Directory of New Electric Power Plants*, publié en mai dernier. Pour plus ample information, s'adresser à UDI, 1200 G Street NW, Suite 250, Washington, D.C., 20005, Etats-Unis.

#### EXAMENS DE LA SURETE NUCLEAIRE.

Au cours des prochains mois, des missions d'experts internationaux sont prévues pour examiner la sûreté d'exploitation de centrales nucléaires en Lituanie, en Argentine, au Royaume-Uni, en Ukraine, en République tchèque et en Suisse, au titre du programme OSART (Operational Safety Review Team) de l'AIEA. Ces missions sont organisées à la demande des pays et s'occupent des pratiques en vigueur sous diverses rubriques précises de la réglementation de la sûreté des centrales nucléaires. Le calendrier est le suivant: Ignalina (Lituanie), septembre 1995; Embalse (Argentine), octobre 1995; Hunterston B (Royaume-Uni), octobre 1995; Rovno, Khmel'nitski et Zaporozh'e (Ukraine), octobre 1995; Temelin (République tchèque), novembre 1995; Beznau (Suisse), novembre 1995. Six pays ont déjà demandé des missions OSART pour l'an prochain.

**DONNEES SUR L'ENERGIE.** Des profils des principaux producteurs, distributeurs et consommateurs d'énergie sont présentés dans un nouveau rapport de l'Energy Information Administration (EIA) des Etats-Unis, service dépendant du Département de l'énergie. Ce rapport intitulé *Country Analysis Briefs: 1994* contient des synthèses de l'actualité, des cartes et de brefs historiques sur 25 pays, et traite essentiellement des grandes questions d'énergie, d'économie et d'environnement. L'EIA vient aussi de publier un *International Energy Annual* qui donne un aperçu des tendances du secteur de l'énergie sous l'angle de la production, de la consommation, de l'importation et de l'exportation des produits énergétiques primaires, ainsi qu'un *International Energy Outlook 1995*. Ces ouvrages sont disponibles sous forme imprimée; il est possible de se procurer la même information par le réseau mondial Internet. Pour tous renseignements complémentaires, s'adresser à EIA, US Department of Energy, Washington, D.C., 20585, Etats-Unis.

**SURETE D'EXPLOITATION DES CENTRALES NUCLEAIRES.** Les meilleures méthodes appliquées dans le monde pour entretenir et améliorer la sûreté d'exploitation des centrales nucléaires seront examinées par un colloque international qui se réunira du 4 au 8 septembre prochain au siège de l'AIEA, à Vienne. Des exploitants de centrales et des spécialistes de la sûreté présenteront en particulier les derniers progrès et les nouvelles méthodes suivies pour améliorer la sûreté d'exploitation des centrales nucléaires, qui représentent aujourd'hui plus de 17% de la puissance installée mondiale. Des études de cas rendront compte des récentes réalisations des programmes nucléaires nationaux et des projets coopératifs internationaux, et une table ronde discutera des moyens de surveiller la performance et la sûreté des installations et de communiquer les résultats au public. Pour plus ample information sur le colloque, s'adresser à l'AIEA, Département de l'énergie et de la sûreté nucléaires ou Section des services de séances.

**DECOUVERTE A L'HONNEUR.** Le dernier numéro de la revue *Santé du monde*, publiée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), présente plusieurs articles documentaires sur la découverte et l'exploitation des rayons X et de la radioactivité. Les rayons X ont été découverts en 1895 par le savant allemand Röntgen et la radioactivité en 1996 par le savant français Becquerel. L'OMS nous rappelle que nos connaissances scientifiques dans ces domaines sont devenues indispensables en médecine et servent à soigner des millions de patients. Pour plus ample information, s'adresser au rédacteur en chef de *Santé du monde*, Organisation mondiale de la santé, 1211 Genève 27, Suisse.

**INIS, BON ANNIVERSAIRE!** Le Système international de documentation nucléaire de l'AIEA (INIS) a officiellement fêté son 25<sup>ème</sup> anniversaire en mai dernier. Depuis sa création en 1970, INIS dessert le monde entier et compte aujourd'hui plus de 1,8 million de références sur toutes les publications du domaine nucléaire; il continue de se développer à raison de quelque 85 000 enregistrements par an. Il s'agit d'une base de données bibliographiques qui donne accès à l'information sur l'exploitation pacifique de l'énergie nucléaire, allant de la sûreté nucléaire et de la radioprotection aux applications des radio-isotopes et des rayonnements et à la vérification des matières nucléaires par le biais des garanties. Quatre-vingt-dix Etats Membres de l'AIEA et dix-sept organisations internationales collaborent à l'enrichissement d'INIS.

Grâce à l'avènement des réseaux informatiques internationaux, de nombreux pays se sont dotés d'ordinateurs donnant accès à INIS. En outre, il est possible d'obtenir la base de données complète sur disque compact, ce qui favorise la recherche de l'information à l'échelon local. Le système permet également de se procurer le texte de documents difficiles à trouver dans le commerce du fait de leur diffusion restreinte. Les principaux utilisateurs d'INIS depuis un quart de siècle sont des scientifiques, ingénieurs, planificateurs et décideurs de l'industrie, membres d'établissements d'enseignement et de recherche, étudiants et fonctionnaires supérieurs des administrations d'Etat.

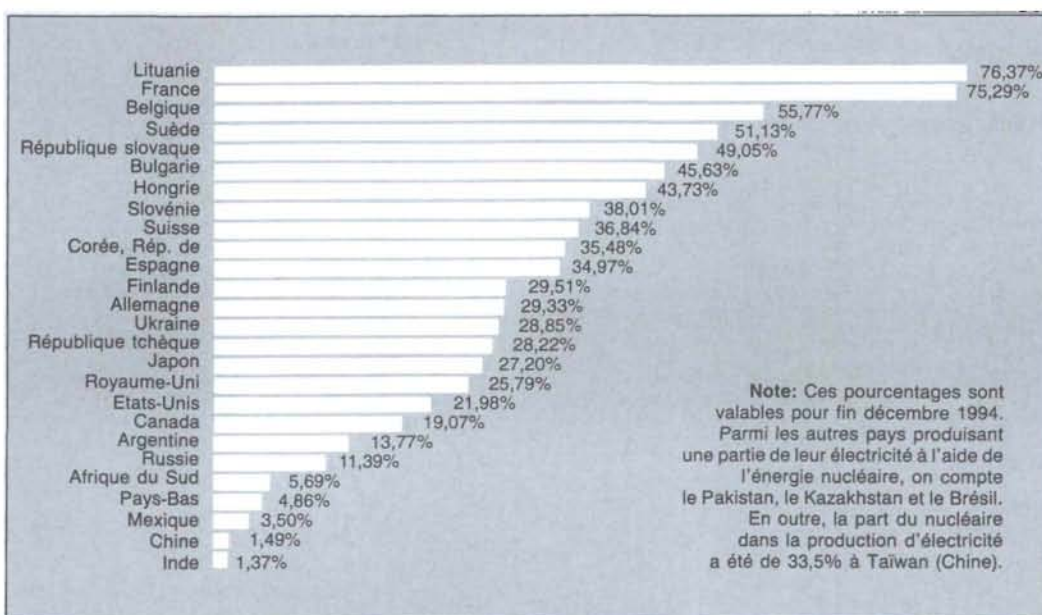
**OBJECTIFS ECOLOGIQUES.** La stabilisation des émissions de dioxyde de carbone dans les pays industriels aux niveaux de 1990 est impossible à réaliser pour l'an 2000 si l'activité actuelle se maintient. Tel est l'avis d'une bonne centaine d'experts récemment interrogés lors d'un atelier international sur l'énergie organisé en Autriche par l'Institut international d'analyse appliquée des systèmes (IIAAS). Ces spécialistes ont souligné que des directives énergiques — non encore formulées — seront nécessaires si l'on veut atteindre les objectifs fixés par la convention-cadre des Nations Unies sur l'évolution du climat. Créé en 1981 par l'IIAAS et l'Université de Stanford (Etats-Unis), cet atelier est informé par un réseau d'analystes qui s'intéressent aux problèmes mondiaux de l'énergie. Il cherche à comparer les prévisions concernant l'énergie et à comprendre les raisons des divergences de vues quant à l'évolution dans l'avenir. Pour plus ample information, s'adresser à IIAAS, A-2361 Laxenburg, Autriche, ou au service Internet de cette organisation.

**CLIMATOLOGIE.** La politique relative à l'évolution du climat est au centre du numéro de cette année du *Green Globe Yearbook*, annuaire de la coopération internationale en matière d'environnement et de développement. Cet ouvrage contient des articles d'actualité et ce qu'il faut savoir sur les accords internationaux les plus importants dans ce domaine et sur les principales organisations qui jouent un rôle actif. Il vise à montrer où en est la communauté internationale en ce qui concerne la solution des problèmes, quels sont les principaux obstacles à une réelle solution internationale, et ce qu'il faut faire pour les franchir. Pour plus ample information, s'adresser à Fridtjof Nansen Institute, B.P. 326, N-1324 Lysaker, Norvège, ou au service Internet de cet institut.

	En service		En construction	
	Nombre de tranches	Total MWe	Nombre de tranches	Total MWe
Afrique du Sud	2	1 842		
Allemagne	21	22 657		
Argentine	2	935	1	692
Belgique	7	5 527		
Bésil	1	626	1	1 245
Bulgarie	6	3 538		
Canada	22	15 755		
Chine	3	2 100		
Corée, Rép. de	10	8 170	6	4 820
Espagne	9	7 105		
Etats-Unis d'Amérique	109	98 784	1	1 165
Fédération de Russie	29	19 843	4	3 375
Finlande	4	2 310		
France	56	58 493	4	5 810
Hongrie	4	1 729		
Inde	9	1 493	5	1 010
Iran			2	2 146
Japon	49	38 875	5	4 799
Kazakhstan	1	70		
Lituanie	2	2 370		
Mexique	2	1 308		
Pakistan	1	125	1	300
Pays-Bas	2	504		
République slovaque	4	1 632	4	1 552
République tchèque	4	1 648	2	1 824
Roumanie			5	3 250
Royaume-Uni	34	11 720	1	1 188
Slovénie	1	632		
Suède	12	10 002		
Suisse	5	2 985		
Ukraine	15	12 679	6	5 700
<b>TOTAL*</b>	<b>432</b>	<b>340 347</b>	<b>48</b>	<b>38 876</b>

## Situation de l'énergie nucléaire dans le monde

\*Ce total inclut Taïwan (Chine) où six réacteurs d'une puissance totale de 4890 MWe sont en service.



## Part du nucléaire dans la production d'électricité de quelques pays

# NOUVELLES PUBLICATIONS DE L'AIEA

## Rapports et comptes rendus

**Nuclear Power Option,**  
*Collection Comptes rendus n° 946,*  
ISBN 92-0-100395-1,  
2 160 S (schillings autrichiens)

**Nuclear Techniques  
in Soil-Plant Studies  
for Sustainable Agriculture  
and Environmental  
Preservation,**  
*Collection Comptes rendus n° 947,*  
ISBN 92-0-100895-3, 2 120 S

**Treatment of External Hazards  
in Probabilistic Safety Assessment  
for Nuclear Power Plants,**  
*Collection Sécurité n° 50-P-7,*  
ISBN 92-0-104794-0, 240 S

**International Basic Safety Standards  
for Protection against Ionizing Radiation  
and for the Safety of Radiation Sources,**  
*Collection Sécurité n° 115-1,*  
ISBN 92-0-100195-9, 1 160 S

**Design of Spent Fuel Storage Facilities,**  
*Collection Sécurité n° 116,*  
ISBN 92-0-104994-3, 240 S

**Operation of Spent Fuel Storage  
Facilities, Collection Sécurité n° 117,**  
ISBN 92-0-105094-1, 240 S

**Safety Assessment for Spent Fuel Storage  
Facilities,**  
*Collection Sécurité n° 118,*  
ISBN 92-0-105194-8, 280 S

**Calibration of Dosimeters Used  
in Radiotherapy,**  
*Collection Rapports techniques n° 374,*  
ISBN 92-0-104894-7, 360 S

**Safe Enclosure of Shut Down  
Nuclear Installations,**  
*Collection Rapports techniques n° 375,*  
ISBN 92-0-100495-8, 360 S

**Energy from Inertial Fusion,**  
ISBN 92-0-100794-9, 1 320 S

## Ouvrages de référence/statistiques

**IAEA Yearbook 1994,**  
ISBN 92-0-102394-4, 500 S

**Energy, Electricity and Nuclear Power  
Estimates up to 2015,**  
*Données de référence n° 1, 100 S,*  
ISBN 92-0-102694-3 (IAEA-RDS-1/14)

**Nuclear Power Reactors in the World,**  
*Données de référence n° 2, 140 S,*  
ISBN 92-0-101795-2 (IAEA-RDS-2/15)

**Nuclear Research Reactors in the World,**  
*Données de référence n° 3, 200 S,*  
ISBN 92-0-105394-0 (IAEA-RDS-3/08)

**Radioactive Waste Management  
Glossary, ISBN 92-0-103493-8, 200 S**

**Convention on Nuclear Safety,**  
*Collection juridique n° 16,*  
ISBN 92-0-102294-8, 400 S

## LIEUX DE VENTE DES PUBLICATIONS DE L'AIEA

- Pour le Canada et les Etats-Unis d'Amérique, il existe un dépositaire exclusif des publications de l'AIEA, à qui toutes les commandes et demandes de renseignements doivent être adressées:

UNIPUB  
4611-F Assembly Drive  
Lanham  
MD 20706-4391, USA

- Dans les pays ci-après, les publications de l'AIEA sont en vente chez les dépositaires ou libraires indiqués ou par l'intermédiaire des principales librairies locales (le paiement peut être effectué en monnaie locale ou en bons de l'UNESCO):

**ALLEMAGNE**  
UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags-GmbH,  
Dag Hammarskjöld-Haus,  
Poppelsdorfer Allee 55, D-53115 Bonn

**ARGENTINE**  
Comisión Nacional de Energía Atómica,  
Avenida del Libertador 8250,  
RA-1429 Buenos Aires

**AUSTRALIE**  
Hunter Publications, 58A Gipps Street,  
Collingwood, Victoria 3066

**BELGIQUE**  
Jean de Lannoy,  
202, Avenue du Roi, B-1060 Bruxelles

**CHILI**  
Comisión Chilena de Energía Nuclear,  
Venta de Publicaciones,  
Amunátegui 95, Casilla 188-D, Santiago

**CHINE**  
*Publications de l'AIEA en chinois:*  
China Nuclear Energy Industry Corporation,  
Translation Section, P.O. Box 2103, Beijing

**ESPAGNE**  
Díaz de Santos, Lagasca 95,  
E-28006 Madrid  
Díaz de Santos, Balmes 417,  
E-08022 Barcelone

**FRANCE**  
Office International de Documentation  
et Librairie, 48, rue Gay-Lussac,  
F-75240 Paris Cedex 05

**HONGRIE**  
Librotrade Ltd., Book Import,  
P.O. Box 126, H-1656 Budapest

**ISRAEL**  
YOZMOT Literature Ltd.,  
P.O. Box 56055, IL-61560 Tel Aviv

**ITALIE**  
Libreria Scientifica  
Dott. Lucio di Biasio «AEIOU»,  
Via Coronelli 6, I-20146 Milan

**JAPON**  
Maruzen Company, Ltd.,  
P.O. Box 5050,  
100-31 Tokyo International

**MEXIQUE**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Nucleares (ININ),  
Centro de Información Nuclear,  
Apdo. Postal 18-1027, Km. 36,5 Carretera,  
México-Toluca, Salazar

**PAYS-BAS**  
Martinus Nijhoff International,  
P.O. Box 269, NL-2501 AX La Haye  
Swets and Zeitlinger b.v.,  
P.O. Box 830, NL-2610 SZ Lisse

**POLOGNE**  
Ars Polona,  
Foreign Trade Enterprise,  
Krakowskie Przedmieście 7,  
PL-00-068 Varsovie

**REPUBLIQUE SLOVAQUE**  
Alfa Press Publishers,  
Hurbanovo námestie 3,  
815 89 Bratislava

**REPUBLIQUE TCHEQUE**  
Artia Pegas Press Ltd.,  
Palác Metro, Narodní tř. 25,  
P.O. Box 825, CZ-111 21 Prague 1

**ROYAUME-UNI**  
HMSO, Publications Centre,  
Agency Section,  
51 Nine Elms Lane, Londres SW8 5DR

**SUEDE**  
Fritzes Customer Centre,  
S-106 47 Stockholm

**Les commandes  
(sauf pour le Canada et les Etats-Unis)  
et les demandes de renseignements  
peuvent aussi être envoyées directement  
à l'adresse suivante:**

Unité de la promotion et de la vente  
des publications  
Agence internationale de l'énergie atomique  
Wagramerstrasse 5, B.P. 100,  
A-1400 Vienne, Autriche



- ADAMOV E.O.** La «seconde ère nucléaire»: un point de vue russe, n° 1 p. 41
- AHMED J.U.** Le radon dans l'environnement humain: en faire l'inventaire, n° 2 p. 32
- BAKSHI K.** Points de vue: l'avenir des garanties internationales, n° 3 p. 16
- BERGMAN C.** Applications des rayonnements et gestion des déchets: mesures à prendre en fin de parcours, n° 1 p. 36  
Les transferts de technologie pour la gestion des déchets radioactifs: adapter l'approche, n° 4 p. 46
- BIAGGIO A.** Coopération nucléaire en Amérique du Sud: le système de garanties commun du Brésil et de l'Argentine, n° 3 p. 30
- BLIX H.** Points de vue: l'avenir des garanties internationales, n° 3 p. 16
- BOLOGA A.** Etude radioécologique de la mer Noire: nouvelles de Roumanie, n° 2 p. 36
- CASTELINO J.** Santé et environnement: quelques aspects de leurs rapports, n° 4 p. 10
- CHAN C.** Les transferts de technologie pour la gestion des déchets radioactifs: adapter l'approche, n° 4 p. 46
- COLTON J.P.** Les boursiers en science et technologie nucléaires: mise en pratique de leur formation, n° 4 p. 55
- CUARON A.** Les techniques nucléaires au service de la santé: on n'arrête pas le progrès, n° 4 p. 2
- DARGIE J.** Santé animale: la campagne contre la peste bovine en Afrique, n° 3 p. 48
- DERON S.** La surveillance de l'environnement et les garanties: améliorer les moyens d'analyse, n° 3 p. 20
- DONOHUE D.** La surveillance de l'environnement et les garanties: améliorer les moyens d'analyse, n° 3 p. 20
- FATTAH A.** L'interface entre les garanties nucléaires et l'évacuation des déchets radioactifs: problèmes nouveaux, n° 2 p. 22
- FISCHER D.** Points de vue: l'avenir des garanties internationales, n° 3 p. 16
- FJELD C.R.** Santé humaine et nutrition: comment calmer la «faim latente» à l'aide des isotopes, n° 4 p. 18
- FLAKUS F.N.** La Convention internationale sur la sûreté nucléaire marque une étape en droit, n° 3 p. 36
- FRANK N.W.** Traitement des gaz de combustion par faisceaux d'électrons: assainir l'air, n° 1 p. 7
- GEIGER R.** Santé animale: la campagne contre la peste bovine en Afrique, n° 3 p. 48
- GONZALEZ A.J.** Sûreté radiologique: les nouvelles normes internationales, n° 2 p. 2  
Effets biologiques des faibles doses de rayonnements ionisants: on en sait plus, n° 4 p. 37
- IYER R.** Applications de l'énergie nucléaire et des rayonnements dans l'industrie: des outils novateurs, n° 1 p. 2
- JANKOWITSCH O.** La Convention internationale sur la sûreté nucléaire marque une étape en droit, n° 3 p. 36
- JEGGO M.H.** Santé animale: la campagne contre la peste bovine en Afrique, n° 3 p. 48
- KONSTANTINOV I.O.** Contrôle par irradiation de l'usure et de la corrosion des machines et des systèmes industriels, n° 1 p. 16
- KRUGER P.** Technologies faisant appel aux rayonnements pour le traitement des déchets: aperçu général, n° 1 p. 11
- KUHN E.** La surveillance de l'environnement et les garanties: améliorer les moyens d'analyse, n° 3 p. 20
- LARRIMORE J.A.** Colloque de l'AIEA sur les garanties internationales: reflet de notre temps, n° 3 p. 9
- LAUERBACH R.** Experts sans frontières: améliorer les compétences pour le transfert des techniques nucléaires, n° 4 p. 51
- LINSLEY G.** Evacuation des déchets radioactifs dans la mer: Convention de Londres de 1972, n° 2 p. 12  
L'interface entre les garanties nucléaires et l'évacuation des déchets radioactifs: problèmes nouveaux, n° 2 p. 22
- LOAHARANU P.** L'irradiation des aliments dans les pays en développement: une solution pratique, n° 1 p. 30
- LOPEZ LIZANA F.** Les inspections en Iraq: enlèvement des derniers stocks de combustible irradié, n° 3 p. 24
- MACHI S.** Applications de l'énergie nucléaire et des rayonnements dans l'industrie: des outils novateurs, n° 1 p. 2
- MARKOVIC V.** Traitement des gaz de combustion par faisceaux d'électrons: assainir l'air, n° 1 p. 7
- MARZO M.A.** Coopération nucléaire en Amérique du Sud: le système de garanties commun du Brésil et de l'Argentine, n° 3 p. 30
- MIRCHEVA J.** Recherche médicale: essais cliniques et radiothérapie du cancer, n° 4 p. 28
- NAIR G.** Santé et environnement: quelques aspects de leurs rapports, n° 4 p. 10
- NETTE P.** La dosimétrie des rayonnements en médecine: expansion des réseaux mondiaux, n° 4 p. 33
- ORLOV V.V.** La «seconde ère nucléaire»: un point de vue russe, n° 1 p. 41
- OUVREARD R.** Les inspections en Iraq: enlèvement des derniers stocks de combustible irradié, n° 3 p. 24
- PARR R.M.** Santé et environnement: quelques aspects de leurs rapports, n° 4 p. 10  
Santé humaine et nutrition: comment calmer la «faim latente» à l'aide des isotopes, n° 4 p. 18
- PELLAUD B.** Les garanties évoluent: le présent, les problèmes, les possibilités, n° 3 p. 2
- PETTERSSON B.G.** Applications des rayonnements et gestion des déchets: mesures à prendre en fin de parcours, n° 1 p. 36
- PHILLIPS G.** Applications des rayonnements dans l'industrie pharmaceutique et en chirurgie: une vue d'ensemble, n° 1 p. 19
- RAFFO ANA C.** Coopération nucléaire en Amérique du Sud: le système de garanties commun du Brésil et de l'Argentine, n° 3 p. 30
- RAO S.M.** Technologies faisant appel aux rayonnements pour le traitement des déchets: aperçu général, n° 1 p. 11
- REYNAUD A.** Experts sans frontières: améliorer les compétences pour le transfert des techniques nucléaires, n° 4 p. 51
- SAIRE D.E.** Normes de sûreté pour les déchets radioactifs: le consensus international se matérialise, n° 2 p. 17  
Les transferts de technologie pour la gestion des déchets radioactifs: adapter l'approche, n° 4 p. 46
- SIGURBJÖRNSSON B.** Les techniques nucléaires au service de l'alimentation et de l'agriculture: 1964-1994, n° 3 p. 41
- SJÖBLOM K.L.** Evacuation des déchets radioactifs dans la mer: Convention de Londres de 1972, n° 2 p. 12
- SKORNIK K.** Enseignement et formation en radioprotection et sûreté nucléaire: combler les lacunes, n° 2 p. 27
- SVENSSON H.** La dosimétrie des rayonnements en médecine: expansion des réseaux mondiaux, n° 4 p. 33
- SWINWOOD J.F.** Technologies faisant appel aux rayonnements pour le traitement des déchets: aperçu général, n° 1 p. 11
- TAKATS F.** Les inspections en Iraq: enlèvement des derniers stocks de combustible irradié, n° 3 p. 24
- TSYPLENKOV V.** Les transferts de technologie pour la gestion des déchets radioactifs: adapter l'approche, n° 4 p. 46
- VALKOVIC V.** Applications scientifiques et industrielles des accélérateurs au Moyen-Orient et en Europe, n° 1 p. 24
- VOSE P.** Les techniques nucléaires au service de l'alimentation et de l'agriculture: 1964-1994, n° 3 p. 41
- WAITE T.D.** Technologies faisant appel aux rayonnements pour le traitement des déchets: aperçu général, n° 1 p. 11
- WARNECKE E.** Normes de sûreté pour les déchets radioactifs: le consensus international se matérialise, n° 2 p. 17
- WEDEKIND L.** Colloque de l'AIEA sur les garanties internationales: reflet de notre temps, n° 3 p. 9
- ZATOLOKIN B.V.** Contrôle par irradiation de l'usure et de la corrosion des machines et des systèmes industriels, n° 1 p. 16
- ZYSZKOWSKI W.** Applications scientifiques et industrielles des accélérateurs au Moyen-Orient et en Europe, n° 1 p. 24

# VACANCES DE POSTES ANNONCEES PAR L'AIEA

**PROGRAMMEUR DE SYSTEMES (95-706)**, Département de la recherche et des isotopes. Poste P-3. Qualifications requises: diplôme universitaire en informatique ou en ingénierie et au moins six ans de travail en informatique et sur réseau. Expérience pratique de l'exploitation et de la maintenance de réseaux locaux. Connaissance approfondie des systèmes d'exploitation de réseaux locaux, d'Ethernet, de PATHWORKS, de WINDOWS NT et de l'administration de réseaux locaux.

*Date limite pour la présentation des candidatures: 29 septembre 1995.*

**PHYSICIEN ATOMISTE (95-039)**, Département de la recherche et des isotopes. Poste P-3. Qualifications requises: diplôme supérieur en physique atomique et au moins six ans d'expérience de la recherche en physique des collisions atomiques et de la programmation informatique (langages FORTRAN et C dans l'environnement UNIX).

*Date limite pour la présentation des candidatures: 29 septembre 1995.*

**CHEF DE L'UNITE DE CHIMIE (95-040)**, Département de la recherche et des isotopes. Poste P-4. Qualifications requises: doctorat en radiochimie, chimie analytique ou chimie inorganique (ou diplôme équivalent). Au moins dix ans d'expérience pratique de la chimie analytique nucléaire ou non nucléaire moderne, en particulier de l'analyse d'éléments traces, de la radioactivité de l'environnement et de l'assurance de la qualité des mesures correspondantes. Expérience de la gestion et de l'encadrement du personnel technique et scientifique dans le domaine de la chimie analytique. Bonne connaissance pratique des méthodes statistiques. Qualités de communication avérées.

*Date limite pour la présentation des candidatures: 29 septembre 1995.*

**CHEF DE SECTION (95-041)**, Département des garanties. Poste P-5. Qualifications requises: diplôme universitaire supérieur ou équivalent dans le domaine des techniques nucléaires ou dans une discipline apparentée. Au moins quinze ans d'expérience dans l'industrie nucléaire, la recherche nucléaire ou dans un organisme gouvernemental ou international, dont cinq ans en tant que superviseur ou administrateur responsable d'une équipe importante. Bonne connaissance de l'utilisation des ordinateurs dans un environnement de grands systèmes de documentation et expérience de la gestion des programmes et de l'exploitation de systèmes de documentation informatiques complexes. Bonne

connaissance du cycle du combustible nucléaire et des garanties internationales, notamment dans le domaine de la comptabilité matières. Connaissance de l'équipement nucléaire et du matériel à double usage ainsi que des principes de gestion des ressources humaines et financières.

*Date limite pour la présentation des candidatures: 27 octobre 1995.*

**SPECIALISTE DE L'EVALUATION DES DONNEES (95-042)**, Département des garanties. Poste P-4. Qualifications requises: diplôme universitaire supérieur ou équivalent en génie chimique ou nucléaire, en chimie, en statistiques appliquées ou en informatique. Dix ans d'expérience de l'évaluation des données scientifiques dans le domaine de la chimie ou du nucléaire (usines de fabrication et de retraitement).

*Date limite pour la présentation des candidatures: 27 octobre 1995.*

**CHEF DE L'UNITE DE LA PRODUCTION ANIMALE (95-043)**, Département de la recherche et des isotopes. Poste P-4. Qualifications requises: doctorat ou équivalent en médecine vétérinaire, en zootechnie ou en biologie. Au moins dix ans d'expérience de la mise au point et de l'utilisation de dosages immunologiques pour diagnostiquer les maladies animales et mesurer les hormones de la reproduction et du métabolisme, ainsi que dans le domaine des résidus de médicaments. Expérience de la supervision de personnel scientifique et technique.

*Date limite pour la présentation des candidatures: 27 octobre 1995.*

**CHEF DE SECTION (95-044)**, Département de la recherche et des isotopes. Poste P-5. Qualifications requises: doctorat ou équivalent en médecine vétérinaire ou en zootechnie et quinze ans d'expérience de la gestion de la recherche et de projets, en particulier d'études sur la santé, la reproduction ou la nutrition animales menées à l'aide de techniques faisant appel aux isotopes, aux rayonnements et à la biotechnologie.

*Date limite pour la présentation des candidatures: 27 octobre 1995.*

**SPECIALISTE DE LA SURETE RADIOLOGIQUE (95-045)**, Département de l'énergie et de la sûreté nucléaires. Poste P-5. Qualifications requises: doctorat ou diplôme équivalent en rapport avec les fonctions du poste dans le domaine de la radioprotection et

quinze ans d'expérience de la radioprotection, surtout en ce qui concerne les sources industrielles de rayonnements. Connaissance des principes de la gestion des ressources humaines et aptitude à les mettre en pratique pour diriger une équipe pluridisciplinaire composée d'administrateurs.

*Date limite pour la présentation des candidatures: 27 octobre 1995.*

## NOTE:

Le *Bulletin de l'AIEA* publie de brefs résumés d'avis de vacances de poste à l'intention de ses lecteurs souhaitant se renseigner sur le genre de postes d'administrateur qui sont à pourvoir à l'AIEA. Ces résumés ne constituent pas des avis officiels et ils sont susceptibles d'être modifiés. L'AIEA envoie fréquemment des avis de vacance aux organes gouvernementaux et organismes de ses Etats Membres (en général le ministère des affaires étrangères et l'autorité chargée de l'énergie atomique) ainsi qu'aux bureaux et centres d'information de l'Organisation des Nations Unies. Il est conseillé aux personnes intéressées par une éventuelle candidature de se tenir en rapport avec ces organismes. Ces postes sont ouverts aux candidats hommes ou femmes possédant les qualifications appropriées. De plus amples renseignements sur les possibilités d'emploi à l'AIEA peuvent être obtenus en écrivant à la Division du personnel, B.P. 100, A-1400 Vienne (Autriche).

## SERVICES INFORMATIQUES EN LIGNE

Les avis de vacances de poste d'administrateur de l'AIEA de même que les notices personnelles sont désormais disponibles sur un réseau informatique mondial auquel on peut accéder directement par les services Internet. Ces avis de vacance ont été placés dans un répertoire public accessible par les services normaux de transfert de fichiers Internet. Pour utiliser ce service, connectez vous à l'adresse INTERNET de l'Agence NESIRS01.IAEA.OR.AT (161.5.64.10), ouvrez une session en vous identifiant comme «anonymous» et tapez votre ID utilisateur pour le mot de passe. Les vacances de poste sont dans le répertoire intitulé *pub/vacancy posts*. Le fichier README contient des informations générales et le fichier INDEX un bref résumé de chaque vacance de poste. La notice personnelle de l'Agence ainsi que la brochure sur les conditions d'emploi sont également disponibles sous forme de fichiers qui peuvent être copiés. Veuillez noter que les candidatures ne sont pas transmises sur le réseau informatisé, car elles doivent être adressées par écrit à la Division du personnel de l'AIEA.

## Radiation Measurement and Control- rely on Mini's range and know-how.



Since its formation in 1963, Mini Instruments has produced a wide range of units for the accurate monitoring and measurement of radiation and contamination. Illustrated is a selection of up-to-the-minute Mini units of which there are nearly 40,000 currently in use throughout the world.

**SmartION** a state-of-the-art, microcomputer based ion chamber survey meter for the measurement of Gamma, Beta and X-ray radiation, and which sets new standards in versatility, accuracy, operational simplicity and reliability.

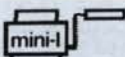
**The 1000 Series Mini-Rad** gamma survey monitor for use by research, hospital and industrial organisations as an inexpensive, convenient and reliable gamma doserate meter.

**The 900 Series** of monitors for radiation control. All units have a large logarithmically scaled meter:

a speaker to give an audible estimate of radiation intensity; an alarm which can be set to trip at any level on the scale; battery or mains operation.

Full technical information and prices are available on request.

*Mini Instruments Limited,  
8 Station Industrial Estate,  
Burnham-on-Crouch, Essex,  
CM0 8RN, England.  
Telephone: 01621 783282.  
Fax: 01621 783132.*



MINI-INSTRUMENTS LTD

# RAD/CON

RADIATION AND CONTAMINATION INSTRUMENTATION

# BASES DE DONNEES EN LIGNE

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE



## Désignation

Système de documentation sur les réacteurs de puissance (PRIS)

## Description

Répertoire technique

## Producteur

Agence internationale de l'énergie atomique en collaboration avec 29 de ses Etats membres

## Service compétent

AIEA, Section du génie nucléaire, B.P. 100, A-1400 Vienne, Autriche  
Téléphone +43-1-2060  
Télex 112645 atom a  
Fac-similé +43-1-20607  
Courrier électronique via BITNET/INTERNET ID: NES@IAEA1.IAEA.OR.AT

## Domaine

Information mondiale sur les réacteurs de puissance en exploitation, en construction, en projet ou mis à l'arrêt et données d'expérience sur l'exploitation des centrales nucléaires dans les Etats membres de l'AIEA.

## Sujets traités

Etat du réacteur, désignation, emplacement, type, constructeur, fournisseur des turbo-alternateurs, propriétaire et exploitant de la centrale, puissance thermique, puissance électrique brute et nette, date de mise en chantier, date de la première criticité, date de la première synchronisation avec le réseau, exploitation industrielle, date de la mise à l'arrêt, caractéristiques du cœur du réacteur et renseignements sur les systèmes de la centrale; énergie produite, arrêts prévus et imprévus, facteurs de disponibilité et d'indisponibilité, facteur d'exploitation et facteur de charge.



## Désignation

Système international d'information pour les sciences et la technologie agricoles (AGRIS)

## Description

Bibliographie

## Producteur

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) en collaboration avec 172 centres régionaux, nationaux et internationaux d'AGRIS

## Service compétent

Poste de traitement d'AGRIS c/o AIEA, B.P. 100, A-1400 Vienne, Autriche  
Téléphone +43-1-2060  
Télex 112645 atom a  
Fac-similé +43-1-20607  
Courrier électronique via BITNET/INTERNET ID: FAS@IAEA1.IAEA.OR.AT

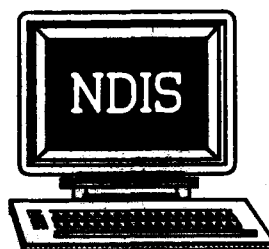
Nombre d'enregistrements accessibles depuis janvier 1993 plus de 130 000

## Domaine

Information mondiale sur les sciences et la technologie agricoles, y compris la foresterie, la pêche et la nutrition.

## Sujets traités

Agriculture en général; géographie et histoire; enseignement, vulgarisation et information; administration et législation; économie agricole; développement et sociologie rurale; phytotechnie, zootechnie et production végétale et animale; protection phytosanitaire; technologie post-récolte; pêche et aquaculture; machines et génie agricoles; ressources naturelles; traitement des produits agricoles; nutrition humaine; pollution; méthodologie.



## Désignation

Système de documentation sur les constantes nucléaires (NDIS)

## Description

Données numériques et bibliographiques

## Producteur

Agence internationale de l'énergie atomique en collaboration avec le Nuclear Data Centre du Laboratoire national de Brookhaven (Etats-Unis), la Banque de constantes nucléaires de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques à Paris, et un réseau de 22 autres centres de constantes nucléaires dans le monde

## Service compétent

AIEA, Section des constantes nucléaires B.P. 100, A-1400 Vienne, Autriche  
Téléphone +43-1-2060  
Télex 112645 atom a  
Fac-similé +43-1-20607  
Courrier électronique via BITNET/INTERNET ID: RNDIS@IAEA1.IAEA.OR.AT

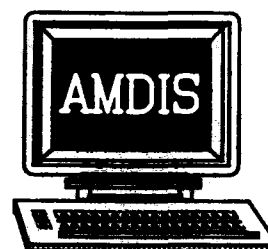
## Domaine

Fichier de constantes de physique nucléaire numériques décrivant l'interaction des rayonnements avec la matière, et renseignements bibliographiques connexes.

## Sujets traités

Constantes évaluées de réactions neutroniques en ENDF; constantes expérimentales de réactions nucléaires en EXPOR, pour les réactions produites par les neutrons, les particules chargées, ou les photons; périodes nucléaires et constantes de désintégration radioactive dans les systèmes NUDAT et ENSDF; renseignements bibliographiques connexes tirés des bases de données de l'AIEA, CINDA et NSR; divers autres types de données.

Note: L'information NDIS recherchée en mode non connecté peut aussi être obtenue du producteur sur bande magnétique.



## Désignation

Système de documentation sur les constantes atomiques et moléculaires (AMDIS)

## Description

Données numériques et bibliographiques

## Producteur

Agence internationale de l'énergie atomique en collaboration avec le réseau international des centres de constantes atomiques et moléculaires, qui regroupe 16 centres de constantes nationales

## Service compétent

Unité de constantes atomiques et moléculaires, Section des constantes nucléaires de l'AIEA  
Courrier électronique via BITNET à RNDIS@IAEA1; ou via INTERNET ID: PSM@RIPCRS01.IAEA.OR.AT

## Domaine

Données atomiques et moléculaires et données sur l'interaction plasma-surface, ainsi que sur les propriétés des matériaux intéressants du point de vue de la recherche et de la technologie relatives à la fusion.

## Sujets traités

Données au format ALADDIN relatives à la structure atomique et aux spectres (niveaux d'énergie, longueurs d'onde et probabilités de transition); collisions d'électrons et de particules lourdes avec des atomes, des ions et des molécules (sections efficaces et/ou coefficients de vitesse, y compris, dans la plupart des cas, ajustement analytique avec les données); érosion superficielle par impact des principaux composants du plasma et auto-érosion: réflexion de particules sur les surfaces; propriétés thermophysiques et thermomécaniques du béryllium et des graphites pyrolytiques.

Note: Le résultat des recherches effectuées en mode déconnecté peut être obtenu du producteur sur disquette, sur bande magnétique ou sous forme imprimée. Le logiciel ALADDIN et son manuel d'utilisation sont également disponibles auprès du producteur.

Pour accéder à ces bases de données, s'adresser aux producteurs. L'information peut également être fournie par le producteur sous forme imprimée, à titre onéreux. INIS et AGRIS sont également disponibles sur CD-ROM.



**Désignation**

Système international  
de documentation nucléaire  
(INIS)

**Description**

Bibliographie

**Producteur**

Agence internationale de l'énergie atomique  
en collaboration avec  
87 de ses Etats membres et  
16 autres organisations participantes

**Service compétent**

AIEA, Section de l'INIS,  
B.P. 100, A-1400 Vienne, Autriche  
Téléphone +43-1-2060  
Télex 112645 atom a  
Fac-similé +43-1-20607  
Courrier électronique via  
BITNET/INTERNET ID:  
ATIEH@NEPO1.IAEA.OR.AT

**Nombre d'enregistrements  
accessibles**

depuis janvier 1976  
plus de 1 800 000

**Domaine**

Information mondiale sur les appli-  
cations pacifiques de la science et de  
la technologie nucléaires, ainsi que sur  
les aspects économiques et environ-  
nementaux de toutes les autres  
sources d'énergie.

**Sujets traités**

Essentiellement: réacteurs nucléaires,  
sûreté des réacteurs, fusion nucléaire,  
application des rayonnements ou des  
isotopes en médecine, en agriculture,  
dans l'industrie, dans la lutte contre  
les ravageurs, ainsi que dans des  
domaines connexes tels que la chimie  
nucléaire, la physique nucléaire et  
la science des matériaux.

Plus spécialement: effets environnementaux,  
économiques et sanitaires de  
l'énergie nucléaire et, depuis 1992,  
incidences économiques et environnemen-  
tales des sources d'énergie non nucléaires.  
Aspects juridiques et sociaux  
de ces diverses questions.

# INIS

## ON CD-ROM



The IAEA's  
nuclear science  
and  
technology  
database on  
CD-ROM

5000 JOURNALS

1.8 MILLION RECORDS

6 COMPACT DISCS

*INIS (the International Nuclear Information System) is a multi-disciplinary, bibliographic database covering all aspects of the peaceful uses of nuclear science and technology. INIS on CD-ROM combines the worldwide coverage of the nuclear literature with all the advantages of compact disc technology.*

Call +44 (0)81 995 8242 TODAY!

for further information  
and details of your local distributor

or write to

SilverPlatter Information Ltd.

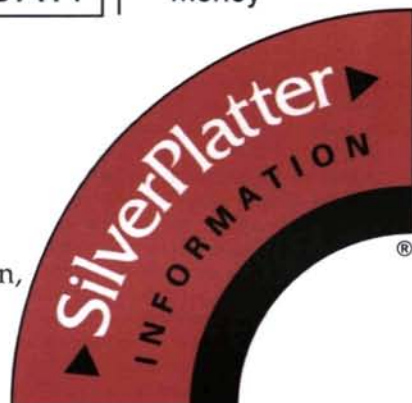
10 Barley Mow Passage, Chiswick, London,  
W4 4PH, U.K.

Tel: 0800 262 096 +44 (0)81 995 8242

Fax: +44 (0)81 995 5159

## CD-ROM means

- ◆ unlimited easy access
- ◆ fast, dynamic searching
- ◆ fixed annual cost
- ◆ flexible down-loading and printing
- ◆ desktop access
- ◆ easy storage
- ◆ saving time, space and money





**Recherche appliquée sur la pollution de l'air à l'aide de méthodes analytiques nucléaires dans la région Asie et Pacifique — ARC**

*Appliquer les méthodes analytiques nucléaires pour étudier la pollution de l'air dans la région Asie et Pacifique en évaluant la pollution due aux métaux lourds toxiques et autres éléments traces des aérosols solides.*

**Analyse des transitoires des réacteurs de recherche**

*Déterminer et évaluer les limitations des méthodes et des codes informatiques actuels et les améliorer en vue d'élaborer des modèles permettant de calculer les transitoires des réacteurs de recherche. Ce PRC sera utilisé aux scientifiques qui s'occupent de l'exploitation des réacteurs de recherche et souhaitent se perfectionner dans le calcul des transitoires.*

**Elaboration d'une base de données de référence sur les sections efficaces des particules chargées en vue de la production de radio-isotopes à usages médicaux**

*Préparer un répertoire et un manuel sur les sections efficaces recommandées pour le contrôle des faisceaux et la production des principaux radio-isotopes médicaux utilisés en particulier pour le diagnostic. Les réactions nucléaires à l'étude sont celles que provoquent les particules légères chargées dans les cyclotrons de petite et moyenne taille.*

**Intercomparaison régionale de dosimétrie individuelle (ARCAL)**

*Donner aux services de dosimétrie individuelle participants la possibilité de vérifier leur aptitude à mesurer les rayonnements externes avec une précision suffisante aux fins de la radioprotection.*

**Emploi des techniques de caractérisation des sites pour la régénération de l'environnement**

*Favoriser la mise au point de la technologie de caractérisation des sites, éviter le chevauchement des activités et fournir des données et des moyens utiles aux Etats Membres qui envisagent une régénération de l'environnement.*

**Recours aux particules lourdes chargées en radiothérapie du cancer**

*Promouvoir l'emploi radiothérapeutique des particules lourdes chargées (protons et ions lourds) en évaluant leurs avantages potentiels et en déterminant les mécanismes permettant de les exploiter.*

**Radioradiation de l'eau, des eaux usées et des boues**

*Mettre au point une technologie de décontamination de l'eau, des eaux usées et des boues de vidange fondée sur l'emploi des rayonnements ionisants seuls ou combinés avec d'autres agents.*

**Etude, à l'aide d'isotopes, du dioxyde de carbone atmosphérique et autres gaz à effet de serre — phase 2**

*Améliorer les connaissances actuelles sur le comportement et l'action des principaux gaz à effet de serre présents dans l'écosystème mondial en étudiant leur évolution dans le temps et dans l'espace ainsi que leur composition isotopique en des points déterminés, et en élaborant des modèles pertinents.*

**SEPTEMBRE 1995**

Conférence internationale sur les progrès de la sûreté d'exploitation des centrales nucléaires,  
**Vienne, Autriche** (4-8 septembre)

Conférence générale de l'AIEA,  
**Vienne, Autriche** (18-22 septembre)

**OCTOBRE 1995**

Colloque international sur l'électricité, la santé et l'environnement: l'évaluation comparative au service des décideurs,  
**Vienne, Autriche** (16-19 octobre)

**NOVEMBRE 1995**

Séminaire régional pour l'Asie et le Pacifique sur la formation théorique et pratique à la radioprotection et à la sûreté nucléaire, **Melbourne, Australie** (27 novembre-1er décembre)

Deuxième séminaire FAO/AIEA pour l'Afrique sur la trypanosomiase animale: lutte contre le vecteur et la maladie à l'aide de techniques nucléaires, **Zanzibar, Tanzanie** (27 novembre-1er décembre)

Séminaire sur la dosimétrie en radiothérapie: Doses de rayonnement en radiothérapie, de la prescription au traitement, **Bangkok, Thaïlande** (28 novembre-1er décembre)

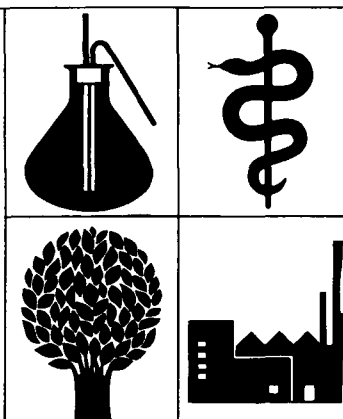
**FEVRIER 1996**

Séminaire régional FAO/AIEA sur le recours à l'irradiation des aliments pour réduire les pertes alimentaires, lutter contre les maladies transmissibles par les aliments et favoriser le commerce des denrées alimentaires, **Rabat, Maroc** (26 février-1er mars)

**MARS 1996**

Séminaire international sur le renforcement de l'utilisation des réacteurs de recherche et d'essai, **Bombay, Inde** (à confirmer).

La liste ci-dessus est sélective et provisoire. Pour tous renseignements complémentaires s'adresser à la Section des services de séances de l'AIEA, au siège de l'Organisation à Vienne ou se reporter à la publication trimestrielle de l'AIEA intitulée *Meetings on Atomic Energy* (pour passer commande, voir la rubrique *Nouvelles publications de l'AIEA*). Des précisions sur les programmes de recherche coordonnée peuvent être obtenues auprès de la Section de l'administration des contrats de recherche, au siège de l'AIEA. Les programmes visent à faciliter la coopération mondiale dans divers domaines scientifiques et techniques, concernant aussi bien les applications médicales, agronomiques et industrielles des rayonnements que la technologie et la sûreté du secteur nucléo-électrique.



**Publication trimestrielle de la Division de l'information de l'Agence internationale de l'énergie atomique, B.P. 100, A-1400 Vienne (Autriche)**

**Tel.:** (43-1) 2060-21270  
**Télécopie:** (43-1) 20607

**DIRECTEUR GENERAL:** M. Hans Blix  
**DIRECTEURS GENERAUX ADJOINTS:**  
M. David Waller, M. Bruno Pellaud,  
M. Boris Semenov, M. Sueo Machi,  
M. Jihui Qian  
**DIRECTEUR, DIVISION DE L'INFORMATION:**  
M. David Kyd

**REDACTEUR EN CHEF:** M. Lothar H. Wedekind  
**SECRETAIRES DE REDACTION:**  
M. Rodolfo Quevenco, Mme Juanita Pérez,  
Mme Brenda Blann

**MISE EN PAGE/CONCEPTION:**  
Mme Hannelore Wilczek

**RUBRIQUE ACTUALITES:**  
Mme S. Dallalah, Mme L. Diebold,  
Mme A.B. de Reynaud, Mme R. Spiegelberg  
**PRODUCTION:**

M. P. Witzig, M. R. Kelleher,  
Mme I. Emge, Mme H. Bacher,  
Mme A. Primes, Mme M. Swoboda,  
M. W. Kreuzer, M. G. Demal, M. A. Adler,  
M. R. Luttenfeldner, M. F. Prochaska,  
M. P. Patak, M. L. Nimetzki

**SERVICES LINGUISTIQUES:**  
M. J. Rivals, Mme E. Fritz  
**EDITION FRANÇAISE:** M. S. Drège, traduction;  
Mme V. Laugier-Yamashita,  
contrôle rédactionnel

**EDITION ESPAGNOLE:** Equipo de Servicios de Traductores e Intérpretes (ESTI), La Havane (Cuba), traduction;  
M. L. Herrero, contrôle rédactionnel

**EDITION CHINOISE:** Service de traduction de la Société industrielle de l'énergie nucléaire de Chine, Beijing, traduction, impression, distribution.

*Le Bulletin de l'AIEA est distribué gratuitement à un nombre restreint de lecteurs qui s'intéressent aux activités de l'AIEA et aux utilisations pacifiques de l'énergie nucléaire. Pour bénéficier de ce service, écrire à la rédaction du Bulletin. Des extraits des textes contenus dans le Bulletin de l'AIEA peuvent être utilisés librement sous réserve d'en mentionner la source. Toutefois, un article dont l'auteur n'est pas membre du personnel de l'AIEA ne peut être reproduit qu'avec la permission de l'auteur ou de l'organisme dont il émane, sauf s'il est destiné à servir de document de travail.*

Les opinions exprimées par les auteurs des articles ou dans les publicités publiées dans le Bulletin de l'AIEA ne correspondent pas forcément à celles de l'Agence internationale de l'énergie atomique et n'engagent donc que les signataires ou les annonceurs.

**Publicité**

Les annonceurs sont priés d'adresser leur correspondance à la Division des publications de l'AIEA, Unité de la vente des publications et de la publicité, B.P. 100, A-1400 Vienne (Autriche).

<b>1957</b>	Viet Nam Yougoslavie	<b>1967</b>	Ouganda Sierra Leone Singapour
<b>Afghanistan</b>	<b>1958</b>	<b>1968</b>	Liechtenstein
<b>Afrique du Sud</b>	Belgique	<b>1969</b>	Malaisie
Albanie	Cambodge	Niger	Zambie
Allemagne	Equateur	<b>1970</b>	Irlande
Argentine	Finlande	<b>1972</b>	Bangladesh
<b>Australie</b>	Iran, Rép. islamique d'	<b>1973</b>	Mongolie
<b>Autriche</b>	Luxembourg	<b>1974</b>	Maurice
<b>Bélarus</b>	Mexique	<b>1976</b>	Emirats Arabes Unis
<b>Brésil</b>	Philippines	<b>1977</b>	Oatar
Bulgarie	Soudan	<b>1977</b>	République-Unie de Tanzanie
<b>Canada</b>	<b>1959</b>	<b>1977</b>	Nicaragua
Corée, République de	Iraq	<b>1983</b>	<b>1983</b>
<b>Danemark</b>	<b>1960</b>	Chili	Namibie
Egypte	Chili	Colombie	<b>1984</b>
El Salvador	Colombie	Chine	<b>1986</b>
Espagne	Ghana	<b>1986</b>	Zimbabwe
<b>Etats-Unis d'Amérique</b>	Sénégal	<b>1991</b>	<b>1991</b>
Ethiopie	<b>1961</b>	Lettonie	Lituanie
<b>Fédération russe</b>	Liban	<b>1992</b>	Croatie
<b>France</b>	Mali	<b>1992</b>	Estonie
Grèce	Zaire	<b>1992</b>	Slovénie
<b>Guatemala</b>	<b>1962</b>	<b>1993</b>	Arménie
Haiti	Arabie Saoudite	<b>1993</b>	République slovaque
Hongrie	Libéria	<b>1994</b>	République tchèque
<b>Inde</b>	<b>1963</b>	<b>1994</b>	Iles Marshall
Indonésie	Algérie	<b>1994</b>	Kazakhstan
Islande	Bolivie	<b>1994</b>	l'ex-République yougoslave
<b>Israël</b>	Côte d'Ivoire	<b>1994</b>	de Macédoine
Italie	Jamahiriya Arabe Libyenne	<b>1994</b>	Ouzbékistan
<b>Japon</b>	République Arabe Syrienne	<b>1994</b>	Yémen
Maroc	Uruguay	<b>1994</b>	
Monaco	<b>1964</b>	<b>1994</b>	
Myanmar	Cameroun	<b>1994</b>	
<b>Norvège</b>	Gabon	<b>1994</b>	
Nouvelle-Zélande	Koweït	<b>1994</b>	
<b>Pakistan</b>	Nigeria	<b>1994</b>	
Paraguay	<b>1965</b>	<b>1994</b>	
Pays-Bas	Chypre	<b>1994</b>	
Pérou	Costa Rica	<b>1994</b>	
Pologne	Jamaïque	<b>1994</b>	
<b>Portugal</b>	Kenya	<b>1994</b>	
République Dominicaine	Madagascar	<b>1994</b>	
<b>Roumanie</b>	<b>1966</b>	<b>1994</b>	
<b>Royaume-Uni</b>	Jordanie	<b>1994</b>	
de Grande-Bretagne	Panama	<b>1994</b>	
et d'Irlande du Nord		<b>1994</b>	
Saint-Siège		<b>1994</b>	
Sri Lanka		<b>1994</b>	
<b>Suède</b>		<b>1994</b>	
<b>Suisse</b>		<b>1994</b>	
Thaïlande		<b>1994</b>	
Tunisie		<b>1994</b>	
<b>Turquie</b>		<b>1994</b>	
Ukraine		<b>1994</b>	
Venezuela		<b>1994</b>	

Dix-huit ratifications étaient nécessaires pour l'entrée en vigueur du Statut de l'AIEA. Au 29 juillet 1957, les Etats figurant en caractères gras avaient ratifié le Statut.

L'année représente l'année de l'admission de l'Etat comme membre de l'AIEA. Les Etats ne figurent pas nécessairement sous le nom qu'ils avaient à l'époque.

L'admission des Etats dont le nom apparaît en italique a été approuvée par la Conférence générale mais ne prendra effet que lorsque les instruments juridiques nécessaires auront été déposés.



L'Agence internationale de l'énergie atomique, qui est née le 29 juillet 1957, est une organisation intergouvernementale indépendante faisant partie du système des Nations Unies. Elle a son siège à Vienne (Autriche) et compte plus d'une centaine d'Etats Membres qui coopèrent pour atteindre les principaux objectifs du Statut de l'AIEA: hâter et accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier et s'assurer, dans la mesure de ses moyens, que l'aide fournie par elle-même ou à sa demande ou sous sa direction ou sous son contrôle n'est pas utilisée de manière à servir à des fins militaires.

**Siège de l'AIEA, au Centre international de Vienne.**

Until now, one of the biggest problems with reading personal exposure doses has been the size of the monitoring equipment. Which is precisely why we're introducing the Electronic Pocket Dosimeter (EPD) "MY DOSE mini™" PDM-Series.

These high-performance

dosimeters combine an easy-to-read digital display with a wide measuring range suiting a wide range of needs.

But the big news is how very small and lightweight they've become. Able to fit into any pocket and weighing just 50~90 grams,

the Aloka EPDs can go anywhere you go. Which may prove to be quite a sizable improvement, indeed.

SCIENCE AND HUMANITY

**ALOKA**

ALOKA CO., LTD.  
6-22-1 Mure, Mitaka-shi, Tokyo 181, Japan  
Telephone: (0422) 45-5111  
Facsimile: (0422) 45-4058  
Telex: 02822-344

To: 3rd Export Section  
Overseas Marketing Dept.  
Attn: N.Odaka

Model	Energy	Range	Application
PDM-101	60 keV ~	0.01 ~ 99.99 $\mu$ Sv	High sensitivity, photon
PDM-102	40 keV ~	1 ~ 9,999 $\mu$ Sv	General use, photon
PDM-173	40 keV ~	0.01 ~ 99.99 mSv	General use, photon
PDM-107	20 keV ~	1 ~ 9,999 $\mu$ Sv	Low energy, photon
PDM-303	thermal ~ fast	0.01 ~ 99.99 mSv	Neutron
ADM-102	40 keV ~	0.001 ~ 99.99 mSv	With vibration & sound alarm, photon



## Safety, convenience and a variety of styles to choose from.



PDM-107



PDM-102



PDM-101



PDM-173



PDM-303



ADM-102