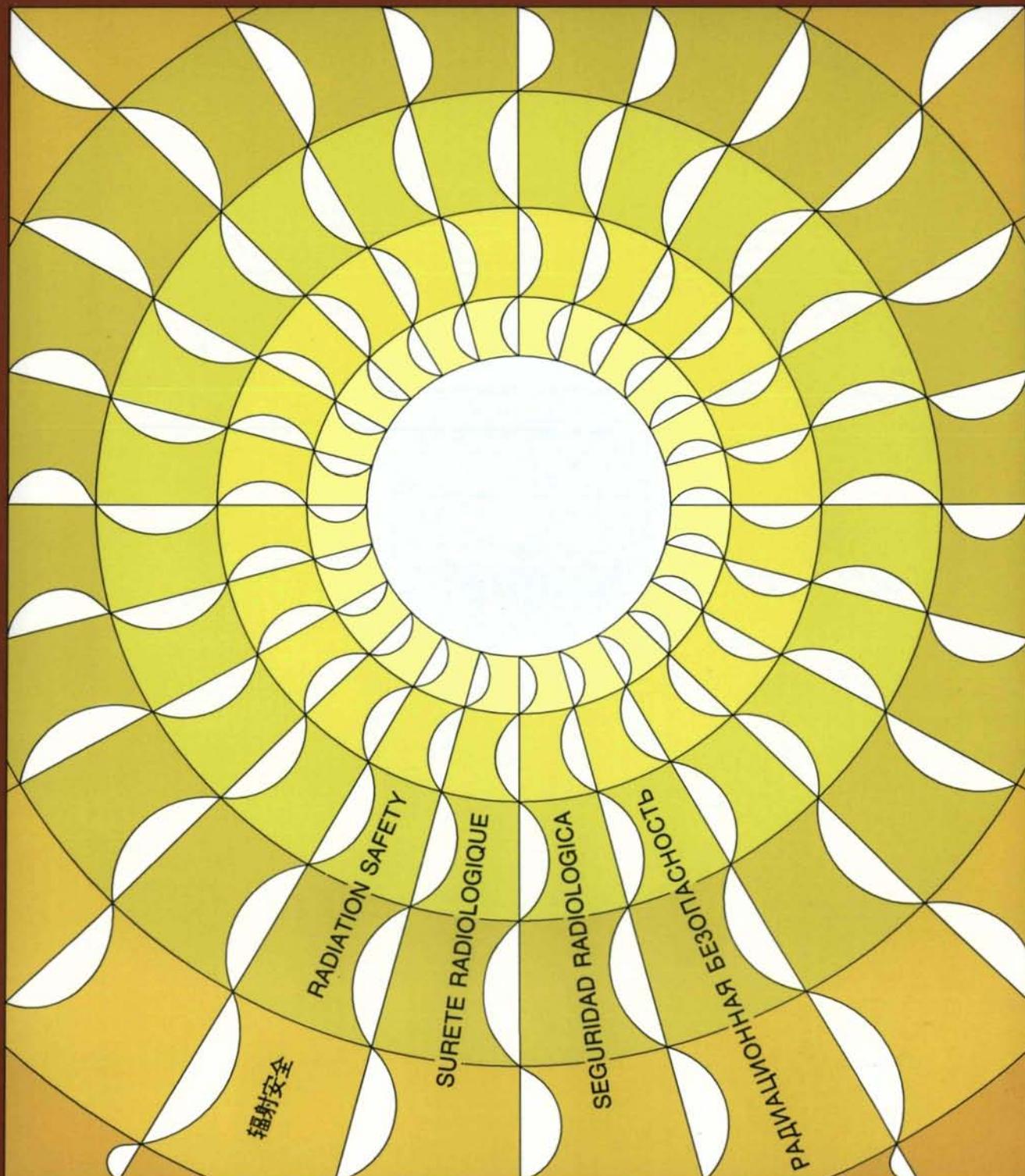


AIEA BULLETIN

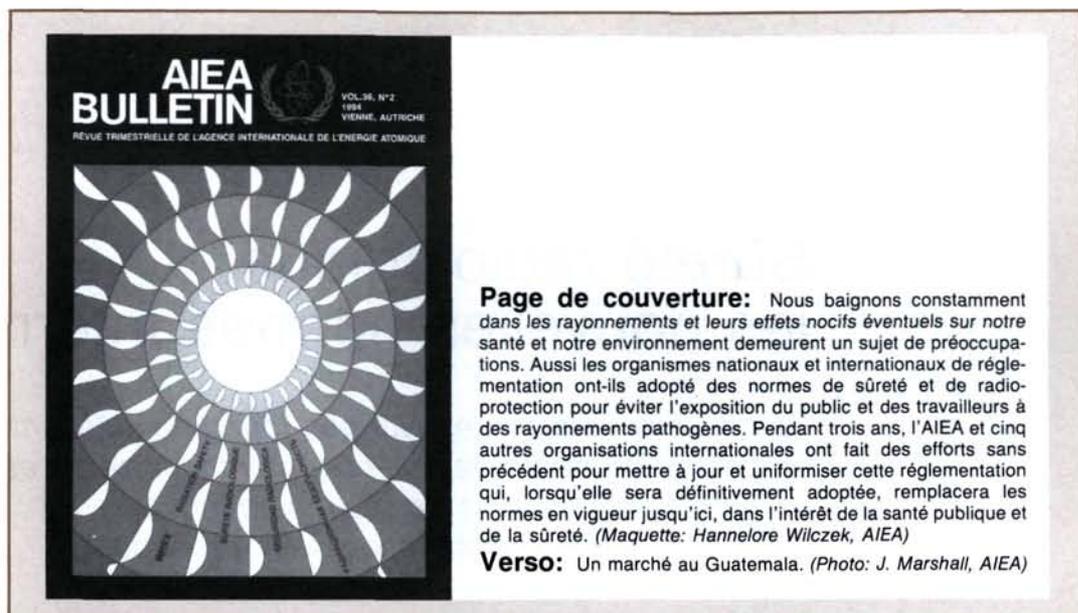


VOL.36, N°2
1994
VIENNE, AUTRICHE

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







SOMMAIRE

- Perspectives**
- Sûreté radiologique: les nouvelles normes internationales
Abel J. González / 2
 - Evacuation des déchets radioactifs dans la mer: Convention de Londres de 1972
Kirsti-Liisa Sjöblom et Gordon Linsley / 12
 - Normes de sûreté pour les déchets radioactifs: le consensus international se matérialise
Ernst Warnecke et Donald E. Saire / 17
 - L'interface entre les garanties nucléaires et l'évacuation des déchets radioactifs: problèmes nouveaux
Gordon Linsley et Abdul Fattah / 22
 - Enseignement et formation en radioprotection et sûreté nucléaire: combler les lacunes
Karol Skornik / 27
- Repères**
- Le radon dans l'environnement humain: en faire l'inventaire
Jasimuddin U. Ahmed / 32
 - Etude radioécologique de la mer Noire: nouvelles de Roumanie
Alexandru Bologa / 36

- Rubriques**
- Actualités internationales/Données statistiques / **39**
 - Nouvelles publications de l'AIEA / **51**
 - Bases de données connectées / **52**
 - Vacances de postes annoncées à l'AIEA / **54**
 - Colloques et séminaires organisés par l'AIEA/
Programmes de recherche coordonnée de l'AIEA / **56**

Sûreté radiologique: les nouvelles normes internationales

La nouvelle version des Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements est le fruit d'une collaboration sans précédent

par Abel J.
González

Dès la fin des années 80, on disposait d'un volume considérable de données nouvelles qui justifiaient une révision des normes régissant la protection contre les expositions aux rayonnements ionisants et la sûreté des sources radioactives.

En tout premier lieu, la réévaluation des résultats des études radioépidémiologiques sur les survivants de Hiroshima et de Nagasaki donnait à penser que l'exposition à de faibles niveaux de rayonnement impliquait plus de risques qu'on ne l'avait pensé.

Par ailleurs, d'autres événements — notamment l'accident nucléaire de Three Mile Island en 1979 et celui de Tchernobyl en 1986 suivi d'une contamination transfrontalière d'une intensité inconnue jusqu'alors — ont fortement influencé la perception par le public des dangers potentiels d'une radioexposition. Les accidents causés par des sources radioactives utilisées en médecine et dans l'industrie ont aussi retenu l'attention du grand public. Ciudad Juárez (Mexique), Mohamadia (Maroc), Goiânia (Brésil), San Salvador (El Salvador) et Saragosse (Espagne) ont défrayé la chronique lorsque l'on sut qu'il y avait des victimes. En outre, on a constaté de nouveau, pendant cette décennie, que le rayonnement naturel pouvait nuire à la santé: de fortes concentrations inattendues de radon dans l'air ont été relevées dans certaines habitations: on a découvert aussi que l'exposition à ce rayonnement naturel de certains travailleurs non exposés professionnellement atteignait des niveaux beaucoup plus élevés que les limites des expositions professionnelles spécifiées par les Normes.

Vu ces données nouvelles, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a révisé ses recommandations en 1990. Les organisations intéressées du système des Nations Unies ainsi que d'autres organismes multinationaux ont emboîté le

pas sans attendre et révisé à leur tour leurs propres normes.

L'objet du présent article est de souligner l'importance de ces initiatives pour l'harmonisation de la sûreté radiologique sur le plan international: il expose en particulier l'essentiel des nouvelles Normes fondamentales internationales de sûreté (NFR). Six organisations ont collaboré à leur élaboration — l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), l'Organisation internationale du Travail (OIT), l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE), l'Organisation panaméricaine de la santé (OPS) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Objectifs et cadre de l'harmonisation

Afin d'élaborer les NFR, les six organisations ont créé, en 1991, dans le cadre du Comité interorganisations de la sûreté radiologique, un secrétariat commun en confiant à l'AIEA la coordination des activités. Cette initiative a couronné des décennies d'efforts ininterrompus sous le signe d'une collaboration internationale sans précédent à laquelle ont contribué des centaines d'experts venant des Etats Membres des organisations participantes. Ces nouvelles normes internationales remplacent toutes celles qui étaient précédemment en vigueur dans le domaine de la sûreté radiologique, notamment celles qui avaient été élaborées sous les auspices de l'AIEA (voir l'encadré ci-après).

Les NFR s'intéressent aux effets des rayonnements. Dès les premières études faites sur les rayons X et les minéraux radioactifs, on avait constaté que l'exposition à de fortes doses d'irradia-

M. González est directeur adjoint de la Division de la sûreté nucléaire de l'AIEA.

Plusieurs organismes ont contribué à l'harmonisation des normes internationales de sûreté radiologique à partir de l'information obtenue grâce aux importants travaux de recherche et aux réalisations d'établissements scientifiques et techniques nationaux et internationaux. Pour sa part, et en vertu de son Statut, l'AIEA a pour attribution «d'établir ou d'adopter, en consultation et, le cas échéant, en collaboration avec les organes compétents des Nations Unies et avec les institutions spécialisées intéressées, des normes de sécurité destinées à protéger la santé...». C'est à cette fin que le Conseil des gouverneurs de l'AIEA approuva en mars 1960 les mesures de santé et de sûreté de l'Agence. Il approuva ensuite en juin 1962 la première version des *Normes fondamentales de radioprotection* de l'AIEA et, en septembre 1965, une version révisée. Une troisième version revue et corrigée a été publiée dans l'édition de 1982 du numéro 9 de la *Collection Sécurité* de l'AIEA; cette édition était commune à l'AIEA, à l'OIT, à l'AEN/OCDE et à l'OMS*.

Comité interorganisations de la sûreté radiologique (CIOSR). Il y a quelques années déjà l'AIEA préconisa la création de ce comité pour faciliter la consultation et la collaboration dans le domaine de la sûreté radiologique avec les organes compétents des Nations Unies et avec les institutions spécialisées. Ce comité a notamment pour mission d'encourager la coordination des politiques en vue d'assurer la cohérence des principes et des normes de sûreté radiologique. Ses membres sont la FAO, l'OIT, l'AEN/OCDE, l'OPS, l'UNSCEAR, l'OMS, la Commission des Communautés européennes (CCE) et l'AIEA. D'autres organismes — la CIPR, la Commission internationale des unités et des mesures radiologiques (CIUMR), la Commission électrotechnique internationale (CEI), l'Association internationale de radioprotection (AIR) et l'Organisation internationale de normalisation (ISO) — ont un statut d'observateur.

Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR). Ce comité a fourni l'information scientifique sur laquelle les NFR sont fondées. Créé par l'Assemblée générale des Nations Unies de 1955, il se compose aujourd'hui des représentants de 21 pays et a pour tâche d'acquiescer, d'évaluer et de diffuser l'information sur les effets pathogènes des rayonnements et sur les niveaux de radioexposition à diverses sources radioactives.

Commission internationale de protection radiologique (CIPR). Les normes de sûreté radiologique sont fondées sur les recommandations de cette commission, organisme scientifique non gouvernemental fondé en 1928. Ses recommandations les plus récentes ont été publiées en 1990 (Publication 60, *Annales de la CIPR*, vol. 21, n^{os} 1-3) et sont le fondement des NFR.

Commission internationale des unités et des mesures radiologiques (CIUMR). Les quantités et les unités utilisées pour les NFR sont essentiellement celles que recommande la CIUMR, organisation jumelle de la CIPR (voir l'encadré ci-après).

Groupe consultatif international pour la sûreté nucléaire (INSAG). Ce groupe de consultants en sûreté nucléaire sert de centre d'échange de documentation et donne des avis à l'AIEA sur les problèmes de sûreté d'importance internationale. En 1988, il a publié par l'intermédiaire de l'AIEA des «Principes fondamentaux de sûreté pour les centrales nucléaires» (*Collection Sécurité* n° 75-INSAG-3). Nombre de ces principes s'appliquent à la sûreté d'autres sources et installations radioactives et ont été retenus dans les NFR.

* Ces anciennes normes internationales sont décrites par l'auteur dans un précédent article paru dans le *Bulletin de l'AIEA*, volume 25, n° 3 (septembre 1983).

tion risquait d'endommager les tissus du corps humain. Ces effets peuvent être diagnostiqués cliniquement chez l'individu exposé; ce sont ce que l'on appelle les *effets déterministes* parce que, pour une certaine dose de rayonnement, ils se manifestent nécessairement.

L'étude à long terme de populations exposées à des rayonnements, en particulier des survivants des bombardements atomiques d'Hiroshima et de Nagasaki, a prouvé qu'une radioexposition peut aussi provoquer l'induction différée de tumeurs malignes et éventuellement d'effets héréditaires. Ces effets ne peuvent être rapportés à aucun cas individuel d'exposition mais peuvent être déduits des études épidémiologiques de groupes importants de population. Ce sont les *effets* dits *stochastiques*,

à cause de leur caractère statistiquement aléatoire (voir l'encadré ci-après).

Activités humaines et radioexposition: pratiques et interventions. Nombre d'activités humaines bénéfiques impliquent l'exposition d'individus à des sources radioactives tant naturelles qu'artificielles. Les *pratiques* sont des activités planifiées depuis l'origine qui augmentent le niveau d'exposition des individus par rapport au fond naturel de rayonnement.

Par ailleurs, il existe des cas d'exposition de l'individu dus à des situations de fait. Les activités qui visent à réduire ces expositions sont appelées des *interventions*.

Vu les effets pathogènes des rayonnements, les pratiques et les interventions doivent être soumises à

Effets pathogènes des rayonnements

Une radioexposition peut avoir des effets nocifs sur la santé. Aux fortes doses ponctuelles, diverses réactions telles que nausées, érythème ou, dans les cas graves, syndromes aigus se manifestent cliniquement chez le sujet peu de temps après l'exposition. Les fortes doses chroniques peuvent aussi avoir des effets délétères cliniquement détectables. On dit qu'ils sont **déterministes**, car ils se manifestent à coup sûr lorsque la dose dépasse un certain seuil.

L'exposition à de faibles doses peut aussi, en principe, avoir de graves conséquences sur la santé, telles les affections malignes, lesquelles sont statistiquement détectables dans une population mais ne peuvent être associées avec certitude à aucun sujet en particulier. Des effets héréditaires de la radioexposition ont été statistiquement détectés chez des mammifères et l'on suppose qu'ils peuvent également apparaître chez l'être humain. Ces effets statistiquement détectés sont dits **stochastiques** du fait de leur caractère aléatoire. Ils apparaissent après une période de latence, apparemment quelle que soit la dose, sans qu'il existe un seuil. En outre, il est possible que des effets apparaissent chez des enfants exposés à des rayonnements *in utero* à certains moments de la grossesse, les plus probables étant la leucémie et l'arriération mentale caractérisée.

Les effets déterministes résultent de la destruction de cellules par l'irradiation; si cette destruction est assez importante, la fonction du tissu atteint peut être compromise.

Un effet déterministe est d'autant plus grave que la dose augmente au-dessus du seuil, lequel est variable en fonction du genre d'effet. Les seuils les plus bas sont de quelques sieverts pour les expositions aiguës et de quelques centaines de millisieverts par an pour les expositions chroniques. La probabilité d'un effet déterministe est donc nulle aux très faibles doses, mais elle devient certaine au niveau du seuil.

Quant aux effets stochastiques, ils peuvent apparaître lorsque la cellule irradiée est modifiée mais non détruite. Les cellules modifiées peuvent, dans un délai assez long, évoluer en cancer. Les mécanismes de défense et de réparation de l'organisme font que cette éventualité est très improbable au niveau des faibles doses; néanmoins, rien ne prouve qu'il y ait un seuil au-dessous duquel le cancer est exclu. La probabilité de son apparition augmente évidemment avec la dose, mais la gravité du cancer radio-induit est indépendante de celle-ci. Lorsqu'une cellule germinale dont le rôle consiste à transmettre l'information génétique est endommagée par une radioexposition, on conçoit que divers effets héréditaires puissent se manifester dans la descendance du sujet exposé. La probabilité d'effets stochastiques est supposée proportionnelle à la dose reçue, et sans seuil. La probabilité de graves effets stochastiques radio-induits pendant la durée de vie est généralement évaluée à quelque 5% par sievert de dose de rayonnement pour l'ensemble de la population.

Quantités et unités en radioprotection

Bien que la plupart des spécifications des NFR soient qualitatives par nature, les normes fixent néanmoins certaines limites quantitatives ainsi que des niveaux recommandés. Les quantités et les unités utilisées dans ces normes sont fondées sur les recommandations de la CIPR et de la CIUMR.

Les quantités physiques fondamentales des NFR sont l'**activité**, soit le taux d'émission radioactive d'un radionucléide, et la **dose absorbée**, c'est-à-dire l'énergie du rayonnement incident qui est absorbée par unité de masse de la substance cible.

L'**unité d'activité** (nombre d'émissions par seconde) est le **becquerel (Bq)**. L'**unité de dose absorbée** est le joule par kilogramme, appelé **gray (Gy)**.

La **dose absorbée** est la quantité physique fondamentale en dosimétrie, spécifiée par les NFR, mais elle n'est pas entièrement satisfaisante aux fins de la radioprotection, car l'intensité de l'effet dans les tissus humains varie selon les types de rayonnement ionisant. Il faut donc multiplier la dose absorbée dans les tissus par un facteur de pondération qui tient compte de l'efficacité du type de rayonnement considéré pour induire des effets sur la santé.

La **dose équivalente** est la quantité qui résulte de la pondération de la dose absorbée par l'efficacité du rayonnement. A noter que la probabilité d'effets nocifs dus à une dose équivalente donnée varie selon les organes et les tissus atteints. C'est pourquoi la dose équivalente à chaque organe et tissu doit être multipliée à son tour par un facteur de pondération qui tient compte de la radiosensibilité de l'organe ou du tissu.

La **dose efficace** est la somme de toutes les doses équivalentes pondérées par la radiosensibilité des organes et tissus exposés de l'organisme. L'**unité de dose équivalente et de dose efficace** est la même que l'unité de dose absorbée, à savoir le joule par kilogramme, mais on lui donne le nom de **sievert (Sv)**.

Lorsqu'un radionucléide s'incorpore à l'organisme, la dose est fonction de la durée du séjour de ce radionucléide dans l'organisme.

La **dose engagée** est la dose totale reçue pendant tout le temps de séjour d'un radionucléide dans l'organisme et se calcule par l'intégrale dans le temps du débit de la dose. Toute limitation s'applique à la dose engagée du fait de l'incorporation. L'**unité de dose engagée** est le **sievert**.

L'impact global de la radioexposition due à une pratique ou à une source données est fonction du nombre d'individus exposés et de la dose qu'ils ont reçue.

La **dose collective**, définie comme la somme des produits de la dose moyenne dans les divers groupes de sujets exposés par le nombre d'individus de chaque groupe, sert par conséquent à définir l'impact radiologique d'une pratique ou d'une source. L'**unité de dose collective** est le **sievert-homme**.

A des fins opérationnelles, les NFR prévoient un **équivalent de dose ambiant** et un **équivalent de dose individuelle**. Ces quantités sont définies par la CIUMR pour faciliter les mesures et la surveillance radiologiques tout en se conformant aux quantités fondamentales retenues pour la radioprotection.

certaines normes de sûreté radiologique afin de protéger les individus exposés (voir l'encadré page 5).

Objectifs des normes

Ces normes ont expressément pour objet de prévenir l'apparition d'effets déterministes des rayonnements et de restreindre la probabilité d'effets stochastiques.

En ce qui concerne les *pratiques* considérées comme justifiées (voir l'encadré page 6), les exigences réglementaires qui leur sont appliquées portent sur les individus et la source. C'est ainsi que:

- le risque encouru par tout individu exposé est limité quel que soit le lieu ou le moment de son exposition, par le maintien des doses individuelles en dessous de limites de doses déterminées;
- la sûreté de la source est assurée notamment par
 - a) la contrainte des doses que la source peut délivrer avec certitude et la restriction de la probabilité d'irradiation due à des expositions éventuelles;
 - b) le maintien de doses délivrées, des probabilités d'exposition et du nombre d'individus exposés au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre dans les circonstances considérées;
 - c) l'application à la source de diverses mesures administratives, techniques et opérationnelles destinées à garantir sa sûreté.

Quant aux *interventions* justifiées, l'objectif est atteint de la manière suivante:

- maintenir, dans toutes les circonstances prévisibles, les doses individuelles à un niveau inférieur au seuil fixé pour les effets déterministes;
- maintenir toutes les doses que l'intervention est censée éviter au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre dans les circonstances considérées, sur la base des résultats de l'optimisation.

Portée des NFR

Exclusions. Toute radioexposition qui, de par sa nature, ne peut relever des NFR est exclue du champ d'application de celles-ci. Citons à titre d'exemple l'exposition au potassium radioactif naturel, lequel est un constituant normal du corps humain, l'exposition aux rayons cosmiques au niveau du sol et, d'une façon générale, toute exposition d'origine naturelle contre laquelle on ne peut rien.

En outre, les NFR s'appliquent uniquement:

- aux êtres humains (on estime que les normes de protection suffisantes pour l'être humain garantissent qu'aucune autre espèce n'est menacée en tant que population, même s'il se peut que des individus de cette espèce risquent une lésion);
- aux rayonnements ionisants, c'est-à-dire gamma, X, alpha, bêta et autres particules pouvant provoquer l'ionisation; (les NFR ne s'appliquent pas aux

Pratiques et interventions

Les activités humaines prévues qui ajoutent à la radioexposition des individus déjà normalement reçue du fond naturel de rayonnement, ou qui augmentent la probabilité d'une exposition, sont appelées *pratiques*. Les activités humaines qui visent, elles, à réduire la radioexposition existante, ou la probabilité d'une radioexposition, sont appelées *interventions*.

Les NFR s'appliquent à la fois à la mise en œuvre et à la continuation de pratiques qui impliquent ou pourraient impliquer une radioexposition, ainsi qu'aux situations réelles dans lesquelles l'exposition ou sa probabilité peuvent être réduites ou exclues par une intervention. Pour ce qui est des pratiques, des dispositions de radioprotection et de sûreté peuvent être prises avant la mise en œuvre et les radioexpositions associées ainsi que leur probabilité peuvent être limitées dès le départ. Quant à l'intervention, en revanche, les circonstances qui provoquent une exposition ou impliquent sa probabilité existent déjà, de sorte que leur réduction ne peut se faire que par une action correctrice ou protectrice.

Le tableau ci-après montre comment l'UNSCEAR résume l'impact radiologique relatif de quelques pratiques et des accidents graves qui appellent une intervention. Les niveaux de radioexposition sont exprimés en équivalent d'exposition aux sources naturelles.

Niveaux de radioexposition

Sources d'exposition	Base du calcul	Equivalent en durée d'exposition aux rayonnements naturels
Essais d'armes nucléaires	Tous essais à ce jour	2,3 ans
Appareils et matières utilisés en médecine	Une année de la pratique au rythme habituel	90 jours
Accidents graves	Tous accidents à ce jour	20 jours
Energie d'origine nucléaire (conditions normales d'exploitation)	Production totale à ce jour Une année de la pratique au rythme habituel	10 jours 1 jour
Activités professionnelles	Une année d'activités professionnelles au rythme habituel	8 heures

rayonnements non ionisants et ne peuvent davantage servir à réglementer les aspects non radiologiques de la santé et de la sûreté).

Hormis ces exclusions, les NFR sont applicables à toute pratique et aux sources de rayonnements qu'elle peut impliquer, à condition qu'elle ne soit pas exemptée de l'application de ces normes, et à toute intervention et aux expositions associées.

Pratiques. Les NFR s'appliquent aux pratiques suivantes:

- utilisation de rayonnements ou de substances radioactives en médecine, dans l'industrie, en agriculture, pour l'enseignement et la formation, et pour la recherche;
- production d'énergie d'origine nucléaire, toutes opérations incluses dans le cycle du combustible

Justification des pratiques et des interventions

Cette opération fait intervenir de nombreux facteurs liés notamment aux aspects sociaux et politiques du problème, tandis que les considérations radiologiques jouent habituellement un rôle secondaire. Les NFR donnent quelques indications pratiques sur la manière de justifier pratiques et interventions, que l'on peut résumer comme suit.

Pratiques injustifiées. Les Normes mentionnent les pratiques injustifiées parmi lesquelles on relève celles qui feraient augmenter la teneur en substances radioactives des aliments, boissons, cosmétiques ou autres produits ou articles prévus pour être ingérés, inhalés, absorbés par la peau ou appliqués sur la peau d'un être humain, ainsi que les pratiques impliquant un usage irresponsable des rayonnements dans des produits ou articles tels que jouets, bijoux fantaisie et autres objets de parure. Par ailleurs, certaines expositions médicales sont également jugées non justifiées: examen radiologique à des fins professionnelles, juridiques, ou de contrat d'assurance vie; examen radiologique pour la détection d'objets volés; exposition de groupes d'individus pour dépistage en masse; exposition d'êtres humains à des fins de recherche médicale (sauf conformément aux dispositions de la Déclaration de Helsinki, aux instructions élaborées par le Conseil des organisations internationales des sciences médicales (COISM) et l'OMS, et sous réserve de l'avis d'un comité d'éthique et de la réglementation nationale ou locale applicable).

Interventions. L'intervention est justifiée si elle promet de faire plus de bien que de mal, compte tenu de la santé et de considérations sociales et économiques. Les NFR spécifient que

les mesures de protection sont pratiquement toujours justifiées lorsqu'il est à prévoir que les doses dans une situation d'intervention approcheront les valeurs indiquées sur le tableau ci-après. Toutefois, les niveaux d'intervention devraient être optimisés et pourraient aboutir à des doses bien inférieures (voir le tableau page 9).

Niveaux de dose individuelle auxquels l'intervention est probable en toutes circonstances

Expositions aiguës

Organe ou tissu	Prévision de dose absorbée par l'organe ou le tissu en moins de deux jours (Gy)
Organisme entier	1
Poumon	6
Peau	3
Thyroïde	5
Cristallin	2
Gonades	3

Expositions chroniques

Organe ou tissu	Débit de dose équivalente (Sv/an)
Gonades	0,2
Cristallin	0,1
Moelle osseuse	0,4

nucléaire impliquant ou pouvant impliquer une exposition à des rayonnements ou à des substances radioactives.

Sources. Dans le cadre d'une pratique, les NFR s'appliquent à toute source de rayonnement utilisée aux fins de cette pratique, qu'elle soit naturelle ou artificielle, dont:

- substances radioactives et dispositifs contenant des substances radioactives ou émettant des rayonnements, tels que produits de consommation, sources scellées, sources non scellées et générateurs de rayonnements;
- installations contenant des substances radioactives ou dispositifs émettant des rayonnements, tels que les irradiateurs, les mines et installations de traitement de minerais radioactifs, les installations traitant des substances radioactives, les installations nucléaires, et les installations de gestion des déchets radioactifs. (Lorsqu'une installation risque de rejeter des substances radioactives ou d'émettre des rayonnements dans l'environnement, elle est considérée comme une source dans son ensemble et

les NFR s'y appliquent globalement ainsi qu'à chaque source distincte de rayonnements qu'elle contient.)

Exemption et affranchissement. Une pratique et les sources qu'elle utilise peuvent être exemptées de l'application des NFR si elle répond à des critères d'exemption spécifiés. Ces critères assurent que les risques pour l'individu que comporte la source exemptée sont négligeables et que l'impact radiologique sur la collectivité n'appelle aucun contrôle réglementaire. Une source exemptée doit toutefois être intrinsèquement sûre.

Les critères d'exemption comportent aussi des niveaux d'exemption, c'est-à-dire des niveaux de radioactivité ou de concentration d'activité dans des matières au-dessous desquels l'exemption est pratiquement automatique.

Les matières et les objets appartenant à des pratiques et à des sources auxquelles s'appliquent déjà les NFR peuvent être soustraits aux obligations qui en découlent sous réserve de respecter des niveaux d'affranchissement (encore appelés niveaux

de «libération» ou de «déréglementation») qui n'excèdent pas les niveaux d'exemption spécifiés.

Interventions. Les situations d'intervention auxquelles les NFR s'appliquent sont toutes situations de fait qui provoquent une exposition du public et qu'il peut être justifié de réduire par des mesures correctrices.

Ce sont en particulier:

- les situations d'urgence, telles que celles qui résultent de la contamination de l'environnement à la suite d'un accident;
- les situations chroniques telles que l'exposition aux sources naturelles de rayonnements (le radon par exemple dans les habitations) et aux résidus radioactifs d'événements et d'activités passés (contamination chronique de l'environnement due à des activités passées).

Expositions. Les NFR s'appliquent à toutes expositions résultant de:

- toutes pratiques ou sources, y compris les expositions normales (certaines) ou les expositions potentielles (incertaines), et les expositions professionnelles (des travailleurs); les expositions à des fins médicales (essentiellement celles des patients) ou les expositions du public (toutes autres expositions);
- toute situation d'urgence impliquant une exposition accidentelle, dont des expositions appelant une prompt intervention, ou autre exposition temporaire résultant de circonstances dans lesquelles un plan d'intervention ou des mesures d'urgence ont été déclenchés; et une exposition chronique, y compris l'exposition aux sources naturelles de rayonnements, aux résidus radioactifs d'événements passés et à la contamination radioactive causée par des pratiques et des sources qui, pour une raison quelconque, n'étaient pas soumises au contrôle réglementaire.

Sources naturelles. Selon les NFR, l'exposition aux sources naturelles est normalement considérée comme une situation chronique appelant l'intervention. Sont exceptées les activités faisant appel à des sources naturelles responsables d'une augmentation de l'exposition du public due par exemple à l'évacuation de substances radioactives dans l'environnement, ainsi que certaines expositions professionnelles au radon qui tomberont sous le coup des dispositions concernant les pratiques lorsque l'action correctrice ne peut pas ramener ces expositions au-dessous des niveaux d'intervention fixés par les NFR.

Obligations

Les NFR stipulent des obligations générales en ce qui concerne tant les pratiques que les interventions. Sauf si l'exposition ne relève pas des Normes, les obligations sont les suivantes:

- aucune pratique ne peut être adoptée, mise en œuvre, suspendue ou annulée et aucune source qu'elle utilise ne peut être, selon le cas, extraite,

Limitation des doses individuelles

Les limites de dose spécifiées dans les NFR sont prévues pour protéger l'individu contre des risques inacceptables résultant d'une radioexposition.

Limites de dose d'exposition professionnelle

- dose efficace de 20 mSv par an en moyenne sur cinq années consécutives.
- dose efficace de 50 mSv en une année quelconque.
- dose équivalente au cristallin de 150 mSv par an.
- dose équivalente aux extrémités (mains et pieds) et à la peau de 500 mSv par an.

(Dans certains cas, les membres des équipes d'intervention peuvent être exposés jusqu'à 100 mSv en une année.)

Limites de dose pour les membres du public

- dose efficace de 1 mSv par an.
- dans certaines circonstances, dose efficace pouvant atteindre 5 mSv en un an, à condition que la dose moyenne sur cinq années consécutives n'excède pas 1 mSv par an; et que la dose dans les circonstances spéciales soit expressément autorisée par la réglementation.
- dose équivalente au cristallin de 15 mSv en une année.
- dose équivalente à la peau de 50 mSv en une année.

Application des limites de dose

Les limites de dose valent pour la somme des doses considérées résultant d'expositions externes pendant les périodes spécifiées et des doses engagées par incorporation pendant les mêmes périodes (les doses engagées sont normalement calculées sur 50 ans pour les adultes et 70 ans pour les enfants). Cette condition est remplie lorsque la dose équivalente individuelle de rayonnement pénétrant pendant l'année considérée, ajoutée à la somme des doses engagées par incorporation de radionucléides pendant la même année, demeure inférieure à la limite fixée.

broyée, traitée, préparée, fabriquée, construite, assemblée, acquise, importée, exportée, vendue, prêtée, louée, reçue, déposée, placée, mise en service, possédée, utilisée, exploitée, entretenue, réparée, transférée, déclassée, transportée, entreposée ou éliminée, si ce n'est conformément aux dispositions prévues dans les NFR, à moins que la pratique ou la source en question ne soit exemptée de l'application de ces normes;

- chaque fois que cela se justifie, les expositions de fait seront réduites par une intervention, comportant des mesures correctrices ou protectrices conformes aux dispositions des Normes.

Les NFR précisent en outre que toute source contenant des substances radioactives doit être transportée conformément aux dispositions du *Règlement de transport des matières radioactives* de l'AIEA (Collection Sécurité n° 6, AIEA, Vienne (1990)) et de toute convention internationale applicable.

Doses indicatives pour l'examen radiologique d'un sujet adulte normal

Radiographie

Examen	Pénétration du faisceau	Dose absorbée par radiographie (mGy)
Rachis lombaire	AP	10
	LAT	30
	LSJ	40
Abdomen, urographie intraveineuse et cholécystographie	AP	10
Bassin	AP	10
Articulation coxo-fémorale	AP	10
Thorax	PA	0,4
	LAT	1,5
Rachis cervico-dorsal	AP	7
Dents	LAT	20
	Periapical	7
Crâne	AP	5
	PA	5
	LAT	3

PA = Postéro-antérieure; LAT = Latérale; LSJ = Articulation lombo-sacrée;
AP = Antéro-postérieure.

Tomodensitométrie

Examen	Dose absorbée moyenne tomodensitométrique (mGy)
Tête	50
Rachis lombaire	35
Abdomen	25

Mammographie

Dose moyenne au parenchyme par projection cranio-caudale

1 mGy (sans grille)
3 mGy (avec grille)

Radioscopie

Mode opératoire	Débit de dose absorbée sous la surface de pénétration (mGy/minute)
Normal	25
Niveau élevé	100

Prescriptions

Pour assurer le respect de ces obligations, les NFR énoncent des prescriptions fondamentales de protection et de sûreté.

Ces prescriptions valent pour toutes les activités donnant lieu à des radioexpositions avec toute la

rigueur des textes statutaires des organisations parairantes. Elles n'engagent aucunement les Etats à adapter leur législation en conséquence et ne visent pas davantage à se substituer aux dispositions des législations, réglementations ou normes nationales en vigueur. Leur intention est plutôt de donner des indications pratiques aux autorités et services publics, aux employeurs et aux travailleurs, aux services spécialisés de radioprotection, aux commissions de sûreté et de santé publique, en proposant des principes fondamentaux et en précisant les différents aspects dont un programme de radioprotection devrait tenir compte pour être efficace.

Elles ne sont pas non plus destinées à être appliquées telles quelles dans tous les pays et toutes les régions. Il s'agirait plutôt de les interpréter compte tenu des circonstances locales, des moyens techniques disponibles et de la taille des installations — autant de facteurs qui détermineront les possibilités d'application. Comme ces normes s'appliquent à une large gamme de pratiques et de sources, nombre de spécifications sont rédigées en termes généraux de sorte qu'elles devront éventuellement être modulées selon le type de pratique, de source ou d'intervention et selon la nature des opérations et les risques d'exposition.

Spécifications pour les pratiques. Les NFR contiennent des dispositions concernant l'administration, la radioprotection, la gestion, les problèmes techniques, et la vérification.

Administration — Notification de l'intention de mettre en œuvre une pratique; inscription ou homologation des sources; responsabilité des inscrivants; exemption et levée du contrôle (affranchissement) des sources.

Radioprotection — Justification des pratiques; limites de dose individuelle; optimisation de la protection et de la sûreté; contraintes de dose pour les sources; valeurs indicatives de l'exposition à des fins médicales (voir les encadrés et les tableaux, p. 5, 6 et 7).

Gestion — Culture de sûreté; assurance de la qualité; facteurs humains; experts spécialisés (voir l'encadré, p. 9).

Technique — Sécurité; défense en profondeur; bonne conception et réalisation techniques (voir l'encadré, p. 9).

Vérification — Evaluation de la sûreté; conformité aux normes; archives.

Spécifications pour les interventions. Les NFR ne contiennent sur ce point que des dispositions relatives à l'administration et à la radioprotection.

Administration — Responsabilités des organismes qui interviennent, et des inscrivants et des titulaires de licences; notification des situations qui exigent des mesures de protection.

Radioprotection — Justification de l'intervention et optimisation des niveaux d'intervention (voir l'encadré et les tableaux, p. 6 et 10).

Aux NFR sont annexées des prescriptions détaillées pour toutes les formes d'exposition:

Prescriptions techniques des NFR

Les NFR contiennent des prescriptions techniques dans les domaines suivants:

Sécurité des sources. Les sources doivent être conservées en lieu sûr afin qu'elles ne puissent être volées ni endommagées et pour empêcher toute personne non autorisée d'entreprendre l'une quelconque des actions spécifiées dans les obligations prévues par les NFR, et à cette fin: ● le contrôle d'une source ne peut être levé que si sont remplies toutes les conditions pertinentes spécifiées dans les documents d'inscription ou d'homologation et que si l'information concernant la perte, le vol ou la disparition de la source est immédiatement notifiée à l'organisme de réglementation et, le cas échéant, à l'organisation parrainante concernée; ● une source ne peut être transférée que si le destinataire possède une autorisation valable; ● un inventaire périodique des sources doit être fait à intervalles appropriés pour vérifier que la source est bien gardée là où elle doit être.

Défense en profondeur. Un système de sécurités successives doit être prévu, ainsi que des mesures de sûreté adaptées au risque radiologique que présente la source afin que la défaillance d'une sécurité soit compensée ou corrigée par la sécurité suivante et cela afin: ● de prévenir les

accidents qui pourraient provoquer des expositions; ● d'atténuer les conséquences d'un tel accident; ● de garantir à nouveau la sûreté de la source après l'accident.

Bonne pratique technique. Selon le cas, le site ou l'emplacement, la conception, la construction, le montage, la mise en service, l'exploitation, la maintenance et le déclassement d'une source dans le cadre d'une pratique doivent avoir un solide fondement technique, lequel doit: ● tenir compte des codes et normes agréés et de toute autre documentation pertinente; ● être appuyé par une gestion et une organisation fiables, afin que la protection et la sûreté soient assurées pendant toute la durée utile de la source; ● comporter des marges de sécurité suffisantes au niveau de la conception et de la construction de la source et aux fins des opérations auxquelles elle sert, afin d'assurer sa fiabilité en période d'exploitation normale, sans oublier la qualité, la redondance et la facilité d'accès, spécialement en vue de prévenir les accidents, d'atténuer leurs effets et de limiter les risques d'exposition dans l'avenir; ● tenir compte de l'évolution des critères techniques, ainsi que des résultats des travaux de recherche en matière de protection ou de sûreté, et des leçons de l'expérience.

Prescriptions des NFR en matière de gestion

Les NFR contiennent un certain nombre de dispositions relatives à la gestion visant la sûreté radiologique, à savoir:

Culture de sûreté. Une culture de sûreté doit être instituée et entretenue afin de maintenir l'esprit en éveil et désireux d'apprendre en ce qui concerne la protection et la sûreté et de décourager l'optimisme passif, en faisant en sorte que: ● les directives et procédures mises en œuvre donnent la priorité absolue à la protection et à la sûreté du public et des travailleurs; ● les problèmes de protection et de sûreté soient promptement détectés et résolus selon leur importance; ● les responsabilités de chacun, y compris des cadres de direction, en matière de protection et de sûreté soient bien précisées et que chaque individu soit convenablement formé et qualifié; ● la voie hiérarchique soit bien précisée en ce qui concerne les décisions relatives à la protection et à la sûreté; ● l'organisation et la communication soient de nature à assurer la circulation de l'information relative à la protection et à la sûreté dans et entre les différents services.

Assurance de la qualité (AQ). Des programmes d'assurance de la qualité devront être mis en œuvre afin, selon le cas, de: ● garantir que les prescriptions spéciales relatives à la protection et à la sûreté sont respectées; ● créer des mécanismes et des procédures de contrôle de la qualité pour vérifier et évaluer l'efficacité de l'ensemble des mesures de protection et de sûreté.

Facteurs humains. Des dispositions doivent être prises pour réduire le plus possible la part de l'erreur humaine dans les accidents et autres événements qui pourraient donner lieu à des expositions, en s'assurant que: ● tout le personnel dont dépendent la protection et la sûreté est bien formé et suffisamment qualifié pour comprendre sa mission et s'acquitter de ses tâches avec bon sens, selon les procédures spécifiées; ● de sains principes d'ergonomie sont appliqués le cas échéant à la conception des matériels et à leur exploitation afin de faciliter celle-ci dans l'intérêt de la sûreté, de minimiser le risque que des fausses manœuvres provoquent des accidents, et de réduire les possibilités d'interprétation erronée des indicateurs de conditions normales et anormales; ● il existe un matériel, des systèmes de sûreté, des instructions et autres dispositions nécessaires pour éviter autant que possible qu'une erreur humaine ne cause par inadvertance l'exposition de personnes; ● des moyens sont prévus pour détecter les erreurs humaines, pour les corriger ou les compenser; ● des mesures d'intervention sont mises en place en cas de défaillance des systèmes de sûreté ou autres dispositifs de protection.

Spécialistes. Il faut recenser les experts disponibles pour donner des conseils en ce qui concerne l'application des NFR. Les inscrivants et titulaires de licences doivent informer l'organisme de réglementation des dispositions prises pour s'assurer les services d'experts nécessaires à l'application des Normes, avec indication des attributions précises des experts désignés.

**Niveaux indicatifs
d'intervention
en cas
d'exposition
accidentelle**

Mesures de protection d'urgence		
Action	Dose évitable	
Confinement dans les habitations	10 mSv pendant deux jours au maximum	
Prophylaxie de l'iode	100 mGy (engagement de dose absorbée à la thyroïde)	
Evacuation	50 mSv pendant une semaine au maximum	
Retrait et remplacement de denrées alimentaires (Source: Commission du Codex Alimentarius — niveaux indicatifs pour les radionucléides présents dans des denrées alimentaires du commerce international à la suite d'une contamination accidentelle)		
Radionucléides	Denrées de consommation générale (kBq/kg)	Lait, aliments pour nourrissons, eau potable (kBq/kg)
Césium 134, Césium 137, Ruthénium 103, Ruthénium 106, Strontium 89	1	1
Iode 131		0,1
Strontium 90	0,1	
Américium 241, plutonium 238, Plutonium 239	0,01	0,001
Mesures à long terme		
Action	Dose évitable	
Début relogement temporaire	30 mSv en un mois	
Fin relogement temporaire	10 mSv en un mois	
Relogement permanent éventuel	1 Sv sur toute la vie	

Exposition professionnelle: Responsabilité des employeurs, des inscrivants et titulaires de licences; conditions d'emploi (régime spécial de compensation, travailleuses enceintes, emploi de remplacement, conditions applicables aux jeunes); prescriptions pour la classification des zones; règles locales et surveillance; équipements individuels de protection; coopération entre les employeurs, les inscrivants et les titulaires de licences; contrôle radiologique individuel et évaluation des expositions; contrôle radiologique des lieux de travail; surveillance sanitaire; dossiers; limitation des doses dans les circonstances particulières.

Exposition médicale: responsabilités; justification des expositions; optimisation de la protection; niveaux indicatifs; contraintes de dose; activité maximale chez les patients traités sortis de l'hôpital; enquête sur les expositions accidentelles; dossiers.

Exposition du public: responsabilités; contrôle des visiteurs; sources d'irradiation externe; contamination radioactive dans les espaces clos; déchets radioactifs; rejets de substances radioactives dans l'environnement; contrôle de la radioactivité et de l'environnement; produits de consommation.

Expositions potentielles — sûreté des sources: responsabilités; évaluation de la sûreté, prescriptions de conception; prescriptions d'exploitation; assurance de la qualité.

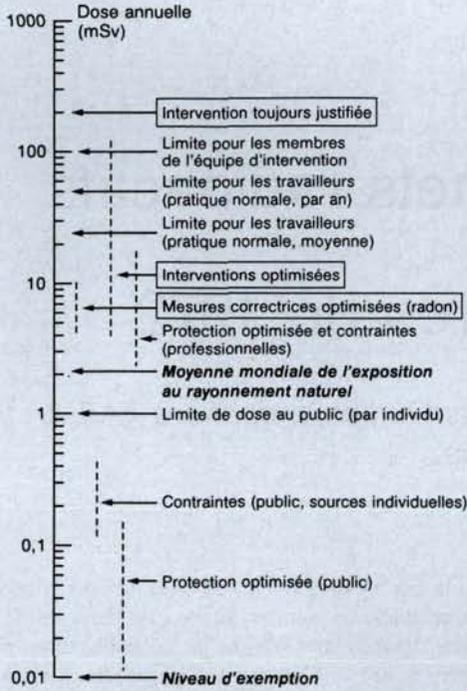
Exposition accidentelle: responsabilités; plans d'urgence; intervention en cas d'exposition accidentelle; évaluation et surveillance après les accidents; fin de l'intervention après un accident; protection des membres des équipes d'intervention.

Exposition chronique: responsabilités; mesures correctrices; niveau d'intervention en cas d'exposition chronique.

L'action internationale

Les NFR contiennent nombre de prescriptions interdépendantes visant à garantir la radioprotection et la sûreté (voir la figure). Bien que la plupart de ces prescriptions soient qualitatives, il en existe aussi de caractère quantitatif sous forme de restrictions ou d'indications concernant la dose que peuvent recevoir les individus. Les doses s'étalent largement sur quatre ordres de grandeur, depuis les doses

Spécifications quantitatives implicites et directives pour les pratiques

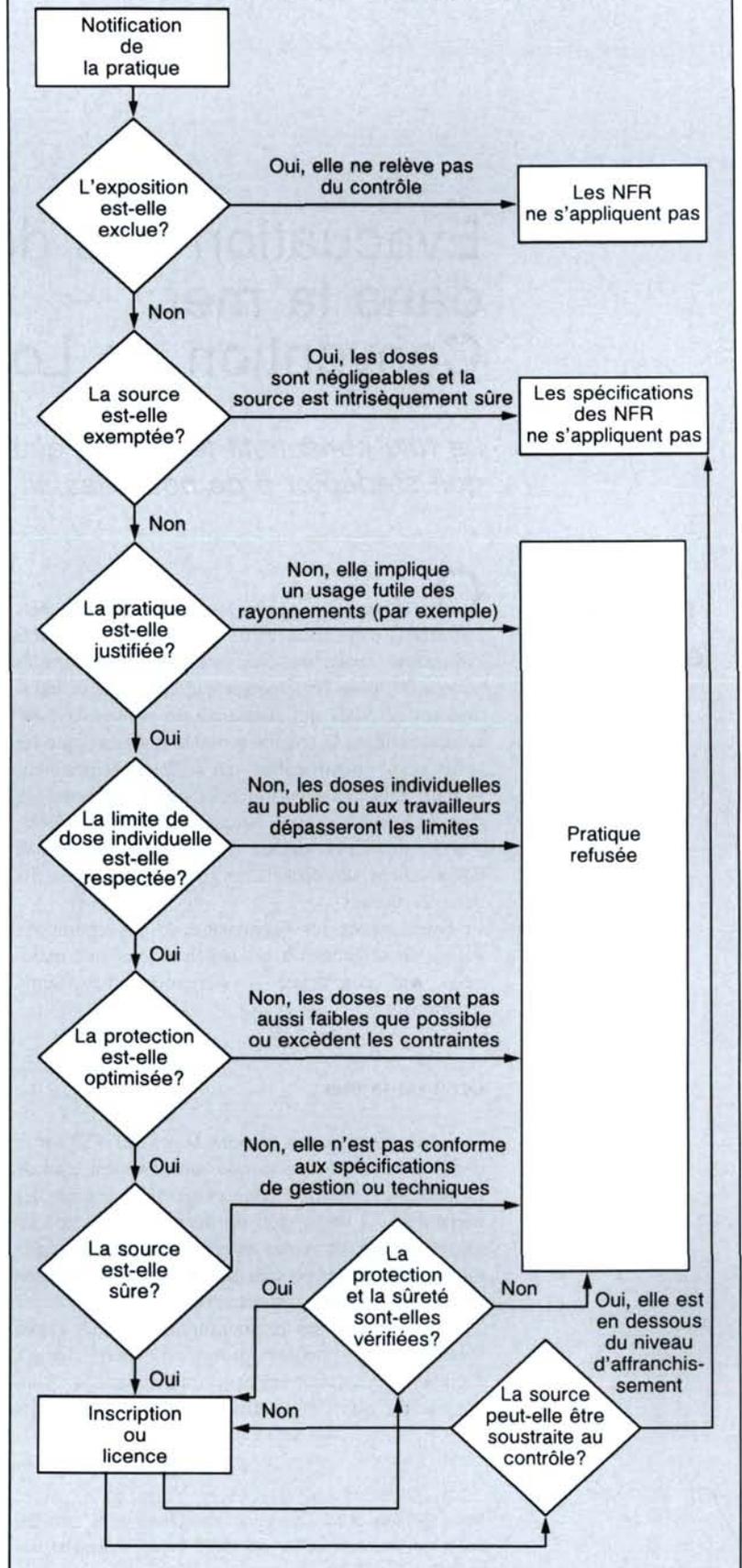


Les NFR comportent de nombreuses prescriptions interdépendantes qui, prises globalement, garantissent une protection et une sûreté suffisantes. Il est donc impossible de les paraphraser sans les priver de leur contenu essentiel. La figure tente néanmoins de donner une représentation graphique simplifiée de la manière dont les NFR s'appliquent aux pratiques. Dans ce schéma, on considère que les formalités administratives d'inscription ou d'homologation sont accomplies.

jugées si insignifiantes qu'elles ne méritent pas d'être retenues aux fins de la réglementation mais plutôt d'être exemptées des prescriptions, jusqu'aux doses si fortes que l'intervention devient pratiquement obligatoire (voir la figure). Les NFR marquent l'apogée de l'action menée pendant plusieurs décennies pour harmoniser la radioprotection et les normes de sûreté sur le plan international. Cet effort international sans précédent a été couronné par l'adoption des NFR par un comité technique lors d'une réunion qui s'est tenue au Siège de l'AIEA, à Vienne, en décembre 1993, à laquelle ont assisté 127 experts de 52 pays et 11 organisations.

Dans un temps proche, le Conseil des gouverneurs de l'AIEA devrait normalement approuver les nouvelles normes que l'AIEA publiera ultérieurement à titre provisoire (en anglais seulement). Lorsque ces normes auront été officiellement agréées par d'autres organisations, elles feront l'objet d'une édition définitive qui sera publiée dans la Collection Sécurité de l'AIEA en anglais, arabe, chinois, espagnol, français et russe.

Schéma de l'application des NFR aux pratiques



Evacuation des déchets radioactifs dans la mer: Convention de Londres de 1972

Le rôle consultatif technique que la Convention a confié à l'AIEA doit s'adapter à de nouvelles situations

par Kirsti-Liisa
Sjöblom et
Gordon Linsley

On déversait depuis longtemps des déchets industriels dans les océans, y compris des déchets radioactifs, lorsqu'une convention intervint, dans les années 70, pour réglementer cette pratique et interdire les activités qui risquaient de polluer la mer. Avec le temps, la tension a monté à mesure que les petits pays, en particulier, qui ne rejettent rien dans la mer, faisaient pression pour que l'on restreigne davantage encore cette pratique. En novembre 1993, il a été finalement décidé qu'il faudrait interdire le déversement de déchets industriels et radioactifs dans les océans.

Nous ferons ici l'historique de ces opérations depuis le moment où les organisations internationales ont commencé à s'en occuper, jusqu'à maintenant.

Droit de la mer

La Conférence des Nations Unies de 1958 sur le droit de la mer a conclu que «tout Etat est tenu de prendre des mesures pour éviter la pollution des mers due à l'immersion de déchets radioactifs en tenant compte de toutes normes et de toutes réglementations qui ont pu être élaborées par les organismes internationaux compétents».

Consciente de ses responsabilités, l'AIEA a créé successivement plusieurs groupes d'experts chargés d'élaborer des directives et recommandations visant à s'assurer que l'évacuation de déchets radioactifs

dans la mer n'exposerait pas l'humanité à des risques inacceptables. Le premier groupe s'est réuni en 1957 et ses travaux ont abouti à la publication du numéro 5 de la Collection Sécurité de l'AIEA, intitulé «Evacuation des déchets radioactifs dans la mer» (1961).

Convention de Londres de 1972

Faisant suite à la Conférence des Nations Unies sur l'environnement humain, réunie à Stockholm en 1972, la Convention sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matières, dite Convention de Londres de 1972, a été élaborée et mise en vigueur en 1975*. Aux fins de la réglementation, les matières à évacuer dans le milieu marin figurent sur une liste «noire» et sur une liste «grise». L'évacuation des matières figurant sur la liste noire (annexe I de la Convention) est interdite sauf en quantités infinitésimales. Les matières figurant sur la liste grise (annexe II de la Convention) doivent faire l'objet de «précautions spéciales» en vue de leur immersion — laquelle ne peut se faire qu'avec un «permis spécifique» — afin qu'elle n'ait pas d'effets nuisibles sur le milieu marin.

* Aux fins de la Convention, «immersion» signifie i) tout rejet délibéré dans la mer de déchets et autres matières à partir de navires, aéronefs, plates-formes ou autres ouvrages placés en mer; ii) tout sabordage en mer de navires, aéronefs, plates-formes ou autres ouvrages placés en mer; «déchets et autres matières» s'entend des matériaux et substances de tout type, de toute forme et de toute nature. Dans cet article, le terme «déchets» n'est utilisé que dans le sens de cette définition.

Mme Sjöblom et M. Linsley sont membres de la Division du cycle du combustible nucléaire et de la gestion des déchets, à l'AIEA.

Les déchets fortement radioactifs figurent sur la liste noire. L'AIEA, reconnue par les Parties contractantes de la Convention de Londres comme l'organisme international compétent en matière d'évacuation de déchets radioactifs et de radioprotection, a été chargée de définir les déchets de haute activité impropres à l'immersion. Les déchets radioactifs et autres substances non inscrits sur la liste noire (déchets de faible et moyenne activité) figurent sur la liste grise. Avant de délivrer les permis spécifiques d'immersion de ce genre de déchets, les pays devraient tenir pleinement compte des recommandations de l'AIEA.

Evolution des règlements sur l'évacuation des déchets radioactifs dans la mer

Pour s'acquitter de ses obligations aux termes de la Convention de Londres, l'AIEA a formulé et revu périodiquement sa définition des déchets fortement radioactifs et ses recommandations à l'adresse des autorités nationales concernant la délivrance des «permis spécifiques» d'évacuation de déchets de moindre activité. C'est en 1974 que l'AIEA a présenté ses premières définitions et recommandations provisoires. Leur dernière révision en date, parue dans la Collection Sécurité de l'AIEA sous le n° 78, a été publiée en 1986.

Ces recommandations exigent notamment que le Secrétariat de la Convention de Londres — au siège de l'Organisation maritime internationale (OMI) à Londres — soit avisé au préalable d'une immersion et que l'opération fasse l'objet d'un compte rendu. Elles proposent également des critères pour le choix des sites d'immersion et donnent des indications sur la façon de procéder aux évaluations de l'environnement. Les révisions de la définition et des recommandations faites entre 1974 et 1986 tenaient compte des nouvelles connaissances que l'on avait acquises sur la dispersion et le comportement des radionucléides dans le milieu marin, et de l'évolution des critères de protection radiologique.

Jusqu'en 1977, l'évacuation de déchets radioactifs dans la mer n'a eu lieu qu'avec l'aval des autorités nationales. C'est alors que l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a créé un mécanisme multilatéral de consultation et de surveillance pour coordonner les opérations d'immersion de ses Etats membres. Ultérieurement, l'OCDE a également institué un programme coordonné de recherche et de surveillance de l'environnement pour obtenir un complément d'information afin de déterminer si le site de l'Atlantique du Nord-Est utilisé par les membres de l'OCDE pouvait effectivement servir aux immersions.

L'ex-Union soviétique, bien que Partie contractante à la Convention à partir de 1976, continuait, dans le cadre de sa réglementation nationale, à évacuer des déchets de forte, moyenne et faible radio-

activité dans les mers arctiques et dans le Pacifique du Nord-Ouest sans en informer les Parties contractantes. Les opérations d'immersion avaient lieu dans des zones autres que celles qu'avait approuvées l'AIEA et à des profondeurs inférieures aux recommandations. Après la dislocation de l'Union soviétique, en 1991, la Fédération russe a continué à immerger des déchets de faible activité.

Conventions régionales

Après l'entrée en vigueur de la Convention de Londres, plusieurs conventions régionales visant la protection de la mer ont été conclues, soit sous l'égide du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), soit indépendamment.

Bon nombre d'entre elles, tout en visant les mêmes fins que la Convention de Londres, prévoient une réglementation plus restrictive des immersions. C'est ainsi que l'évacuation de déchets radioactifs dans la mer est absolument interdite dans la Baltique (1974), dans la Méditerranée (1976), dans la mer Noire (1992) et dans certaines zones du Pacifique Sud (1985) et du Pacifique du Sud-Est (1989).

Moratoire temporaire et réunions intergouvernementales

Au début des années 80, les immersions continues de déchets faiblement radioactifs suscitèrent une inquiétude croissante parmi nombre de pays parties à la Convention de Londres. Aussi fut-il proposé à la réunion consultative des Parties contractantes de 1983 d'interdire toutes les immersions de déchets radioactifs. A l'issue d'un vote, la réunion a adopté un moratoire volontaire sur l'évacuation en mer de tous les types de déchets radioactifs en attendant l'examen de la question de la sûreté de cette opération qui devait être confié à un groupe indépendant d'experts.

Un «groupe élargi» d'experts concluait en 1985 qu'il n'y avait aucune raison de caractère scientifique ou technique de traiter l'option de l'immersion en mer différemment des autres options disponibles dès l'instant où l'on appliquait les principes internationalement agréés de radioprotection à l'évacuation des déchets radioactifs. A leur neuvième réunion consultative, en 1985, les Parties contractantes ont conclu d'une façon générale que le rapport scientifique ne montrait pas que l'immersion de déchets faiblement radioactifs était dangereuse pour l'environnement, mais qu'il ne montrait pas davantage qu'elle était inoffensive. C'est alors que les Parties contractantes décidèrent de voir la question de plus haut, considérant qu'elle comportait des éléments politiques, juridiques, sociaux et économiques en plus de ses aspects purement techniques. Il a donc été décidé à la réunion consultative suivante (1986) de créer un groupe intergouvernemental d'experts sur l'évacua-

Evacuation en mer de déchets radioactifs par divers pays (TBq)

	Date	Total
Dans l'Atlantique		
Allemagne	1967	0,2
Belgique	1960-1982	2 120,0
Etats-Unis	1949-1967	2 942,0
France	1967-1969	353,0
Italie	1969	0,2
Pays-Bas	1967-1982	336,0
Royaume-Uni	1949-1982	35 078,0
Suède	1969	3,2
Suisse	1969-1982	4 419,0
<i>Total partiel</i>		45 252,0
Dans le Pacifique		
Etats-Unis	1946-1976	554,0
Ex-Union soviétique	1966-1991	707,0
Fédération russe	1992-1993	1,4
Japon	1955-1969	15,0
Nouvelle-Zélande	1954-1976	1,0
République de Corée	1968-1972	Inconnu
<i>Total partiel</i>		1 278,0
Dans l'Arctique		
Ex-Union soviétique	1960-1991	90 152,0
<i>Total partiel</i>		90 152,0
Tous sites		
Total		136 682,0

Distribution des déchets radioactifs évacués dans les océans (TBq)

	Atlantique	Pacifique	Arctique	Total
Réacteurs avec ou sans combustible	1 000	4,3	88 800	89 804
Déchets solides de faible activité	44 252	818,0	588	45 658
Déchets liquides de faible activité	<0,001	456,0	764	1 220
Total	45 252	1 278,3	90 152	136 682

tion en mer de déchets radioactifs (IGPRAD) afin d'étudier plus à fond les aspects politiques, juridiques, économiques et sociaux de cette opération. Le moratoire volontaire a été prorogé en conséquence jusqu'à la parution du rapport final du groupe.

L'IGPRAD s'est constitué en deux groupes de travail, l'un pour étudier les aspects politiques, juridiques, économiques et sociaux de la question, et l'autre pour s'occuper des problèmes scientifiques et techniques. L'AIEA a préparé plusieurs documents à l'intention de l'IGPRAD et les a présentés au groupe de travail scientifique et technique. Les plus importants sont les suivants: *Estimation of Radiation Risks at Low Dose* (TECDOC-557, 1990), *Low*

Les opérations d'immersion

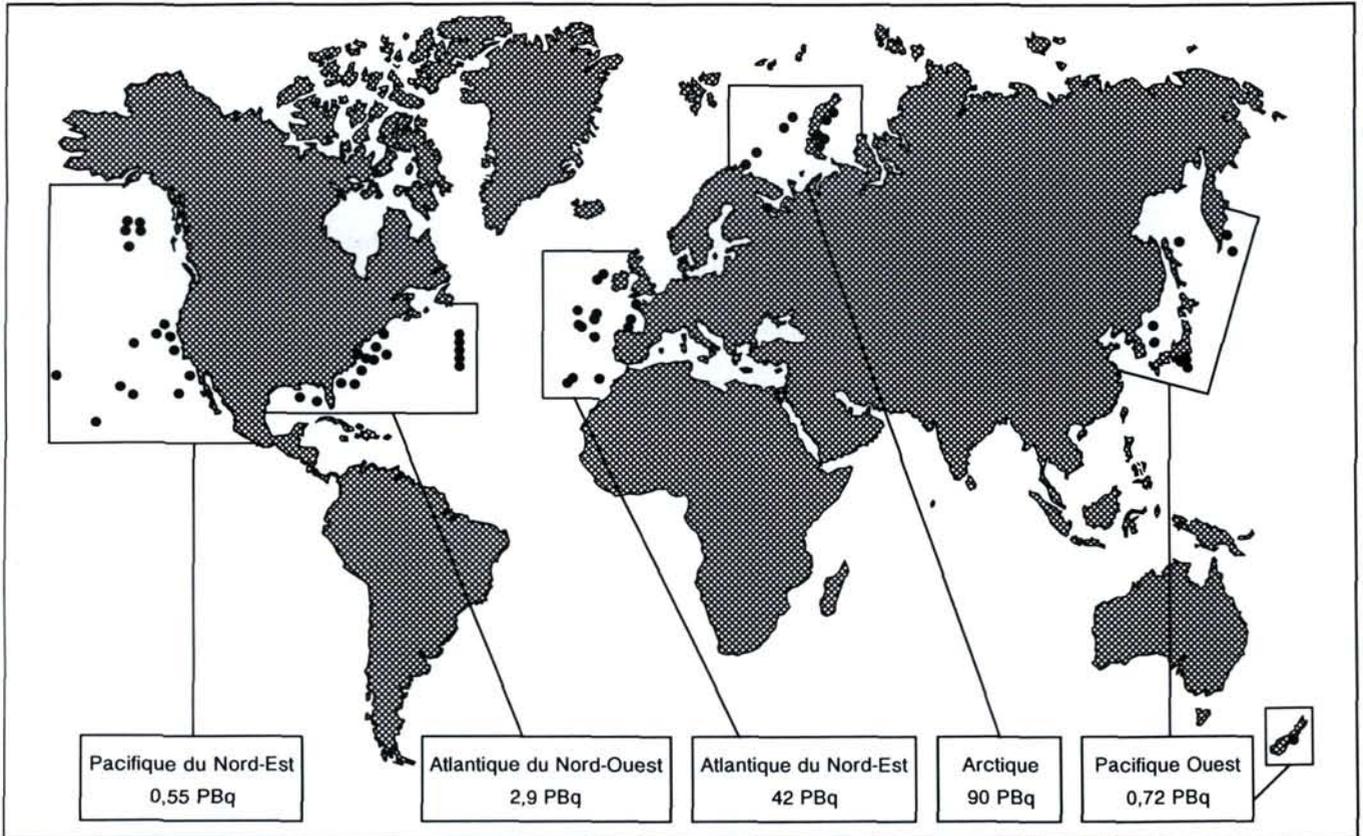
C'est en 1946, dans le Pacifique Nord, que l'on a déversé pour la première fois des déchets radioactifs dans l'océan, à environ 80 km au large de la Californie. Depuis 48 ans que cette méthode est pratiquée, 13 pays ont évacué de cette façon environ 140 PBq (140×10^{15} Bq) de déchets radioactifs. On peut classer ces déchets en trois catégories, selon leur type: déchets liquides faiblement radioactifs; déchets solides faiblement radioactifs, placés dans des conteneurs ou autrement emballés; cuves de réacteur contenant ou non du combustible nucléaire endommagé.

Les opérations d'immersion officiellement notifiées se résument comme suit: environ les deux tiers de la radioactivité des déchets évacués proviennent de six réacteurs de sous-marins et du blindage d'un réacteur de brise-glace et ont été immergés ensemble avec du combustible endommagé, comme le pratiquait l'ex-Union soviétique en mer de Kara, dans l'Arctique. Le tiers restant correspond à des déchets solides faiblement radioactifs sous emballage et évacués dans les sites d'immersion de l'Atlantique du Nord-Est, opération pratiquée par huit pays européens, en particulier par le Royaume-Uni.

De moindre importance sont, d'une part, l'évacuation de déchets liquides et solides de faible activité dans l'océan Arctique, qui représente moins de 1% de la radioactivité totale immergée, et, d'autre part, l'ensemble des immersions dans l'océan Pacifique, qui représentent également moins de 1% du total mondial.

Les immersions dans l'Atlantique du Nord-Est ont commencé à très petite échelle en 1950, mais les quantités ont augmenté progressivement pour atteindre un sommet de 5 à 7 PBq par an au début des années 80, avant l'adoption, en 1983, du moratoire volontaire sur l'évacuation des déchets faiblement radioactifs. Les sites de l'Arctique ont été utilisés de 1960 à 1992. Les immersions de déchets fortement radioactifs ont essentiellement eu lieu avant 1972, date d'entrée en vigueur de la Convention de Londres; néanmoins, un sous-marin avec deux réacteurs contenant du combustible nucléaire a été immergé en 1981. Les sites du Pacifique ont été utilisés entre 1946 et 1993.

Bon nombre des pays qui ont eu recours à cette pratique n'ont immergé occasionnellement que de petites quantités de déchets. Les autres pays ont régulièrement pratiqué les immersions de préférence aux options d'évacuation définitive à terre.



Level Radioactive Waste Disposal: An Evaluation of Reports Comparing Ocean and Land Based Disposal Options (TECDOC-562, 1990), et *Risk Comparisons Relevant to Sea Disposal of Low Level Radioactive Waste* (TECDOC-725, 1993).

Conclusions du groupe d'experts

L'IGPRAD a terminé ses travaux l'été dernier. Ses conclusions sur les aspects juridiques, politiques, sociaux et économiques de la question montrent que les collectivités nationales et internationales se sensibilisent à la nécessité de mesures plus efficaces pour protéger le milieu marin mondial, comme l'indiquent les résultats de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de 1992 (CNUED) et l'énoncé de son Action 21 (chapitre 22, paragraphe 5b).

Le groupe d'experts a relevé que le droit international n'avait cessé d'évoluer au cours des 20 dernières années. Il a noté deux tendances: premièrement, restreindre et contrôler et, deuxièmement, interdire l'immersion de déchets radioactifs sur le plan régional et, ultérieurement, contester la légitimité de l'usage de la haute mer et des fonds marins au-delà des juridictions nationales pour des activités qui risquent de polluer le milieu marin.

La tâche du groupe dans le domaine scientifique et technique était hérissée de difficultés du début à la fin, en grande partie parce que nombre de parti-

cipants se sont retranchés derrière leurs positions. Aussi la formulation des conclusions est-elle ambiguë. Dans le débat qui a suivi la présentation du rapport de l'IGPRAD à la réunion consultative de novembre 1993, plusieurs Parties contractantes ont invoqué le rapport à l'appui de positions opposées. De fait, aucune argumentation technique présentée au groupe de travail de l'IGPRAD au cours des sept années de son existence n'indiquait qu'un fort impact radiologique avait résulté ou résulterait d'une opération convenablement menée d'immersion de déchets solides faiblement radioactifs conforme aux recommandations de l'AIEA.

Interdiction de l'évacuation de déchets radioactifs dans la mer

La réunion consultative des Parties contractantes de novembre 1993 a donné lieu à un long débat animé par la connaissance d'immersions illicites de déchets radioactifs opérées par la Fédération russe dans la mer du Japon en octobre 1993. La réunion a décidé à la majorité d'interdire l'immersion de déchets radioactifs de toute description à compter du 20 février 1994. Elle a également décidé d'interdire l'immersion de déchets industriels à partir du 1er janvier 1996.

Ces interdictions ont pris effet par voie d'amendements aux annexes de la Convention en vertu desquels tous les types de déchets et de substances

Evacuation en mer des déchets radioactifs

radioactifs sont désormais inscrits sur la liste noire (annexe I).

La Fédération de Russie a déclaré qu'elle n'acceptait pas les amendements relatifs à l'immersion des déchets radioactifs, en précisant toutefois qu'elle s'efforcera d'empêcher la pollution de la mer par l'immersion de déchets et autres matières. En ce qui la concerne, les anciennes annexes de la Convention demeurent en vigueur relativement à ce problème particulier, de même, par conséquent, que la définition et les recommandations de l'AIEA.

Evacuation dans les eaux côtières

Comme l'immersion dans les océans de déchets industriels et radioactifs solides n'est plus possible, le seul moyen de les évacuer légalement néanmoins dans le milieu marin est de les rejeter dans les cours d'eau ou par l'intermédiaire d'installations côtières. A l'heure actuelle, les Directives de Montréal pour la protection du milieu marin contre la pollution à partir de sources terrestres (1985) sont le principal document international sur le sujet, lequel relève néanmoins de plusieurs conventions régionales. Tenant compte de la sensibilité potentielle des environnements côtiers aux polluants, les Directives de Montréal recommandent de mettre fin à la pollution, c'est-à-dire au rejet délibéré dans le milieu marin de substances potentiellement préjudiciables aux ressources biologiques et aux écosystèmes marins et dangereuses pour la santé de l'être humain. Les substances radioactives appartiennent à cette catégorie.

Les Directives ne cherchent pas à interdire le rejet de petites quantités de substances nuisibles, mais à éliminer la pollution due à leur évacuation

sans restrictions. Elles n'ont d'ailleurs pas force de convention internationale; ce sont plutôt des recommandations à l'adresse des pays. Suite à la CNUED, une conférence intergouvernementale sur la protection du milieu marin contre des activités terrestres sera organisée en 1995.

Responsabilités actuelles de l'AIEA au titre de la Convention de Londres de 1972

L'amendement des annexes a eu aussi pour effet de modifier le mandat de l'AIEA au regard de la Convention. Tout en demeurant pour les Parties contractantes l'organisme international compétent en matière de gestion des déchets radioactifs, aux termes de la Convention, l'AIEA voit sa mission, telle qu'elle est inscrite dans les annexes révisées, se limiter désormais à définir des niveaux d'exemption, ou «*de minimis*», de radioactivité, aux fins de la Convention. Les dispositions relatives à ce nouveau mandat précis sont à l'étude. La question de l'exemption est traitée dans le numéro 89 de la Collection Sécurité de l'AIEA, intitulé «*Principes pour l'exemption du contrôle réglementaire de sources et de pratiques pouvant entraîner une radioexposition*», publié par l'AIEA en 1988.

Dans le cas de l'évacuation en mer, les principes d'exemption s'appliquent à des matières comme les boues d'égout et de dragage dont la Convention de Londres n'interdit pas en principe l'immersion. Ces matières ne sont généralement pas soumises à un contrôle réglementaire. Toutefois, il se peut qu'elles contiennent des radionucléides provenant de sources anthropiques terrestres ou de rejets côtiers. Comme la Convention de Londres interdit désormais l'évacuation en mer de toutes substances radioactives, il apparaît nécessaire de définir quantitativement des niveaux d'exemption (exprimés en becquerels par kilogramme ou par mètre cube), valeurs au-dessous desquelles une matière pourra être jugée non radioactive au sens de la Convention.

L'AIEA continue par ailleurs de mener d'autres activités à l'appui de la Convention. Elle administre notamment le Projet international d'évaluation des mers arctiques (IASAP), qui a pour objet d'évaluer les risques sanitaires et environnementaux qu'implique l'immersion de déchets radioactifs par l'Union soviétique dans les mers arctiques, et de juger s'il y a lieu et s'il est justifié de prendre des mesures correctrices. L'AIEA s'occupe également de dresser et de tenir à jour un inventaire des matières radioactives d'origine anthropique qui pénètrent dans le milieu marin.



Au titre de divers programmes, des scientifiques de l'AIEA contribuent à la protection du milieu marin.

Normes de sûreté pour les déchets radioactifs: le consensus international se matérialise

*Dans le cadre du programme RADWASS de l'AIEA,
une documentation sur six aspects importants de la sûreté
est en préparation*

par Ernst
Warnecke et
Donald E. Saire

Des déchets radioactifs sont produits par le secteur nucléo-énergétique et par les utilisations de matières radioactives dans l'industrie, dans la recherche, en médecine et autres domaines. On sait depuis longtemps qu'il est important de bien gérer ces déchets afin de protéger la santé publique et l'environnement, et l'on a déjà acquis une grande expérience dans ce domaine.

Au cours des dernières années, l'AIEA s'est efforcée de montrer que l'on pouvait gérer sans risque les déchets radioactifs et qu'il existait une certaine identité de vues sur la question à l'échelon international. Une série de documents spécialement consacrés à la sûreté de cette gestion est en cours de préparation dans le cadre du programme de Normes de sûreté de l'AIEA pour les déchets radioactifs (RADWASS) qui couvre tous les aspects du problème.

Ce programme a pour objet d'établir une documentation fondée sur le consensus international concernant les approches et les méthodes de la gestion des déchets radioactifs, de mettre en place un mécanisme permettant de parvenir à un consensus là où il n'existe pas, et de proposer aux Etats Membres une série complète de documents internationalement agréés qui viendront compléter les normes et critères en vigueur dans les différents pays. Nous présentons

ici les grandes lignes de la structure et des activités en cours de ce programme.

Structure du programme

Les publications en cause sont hiérarchisées selon le schéma général des documents de la Collection Sécurité de l'AIEA. (Plus précisément, elles seront publiées comme documents à consulter dans la Collection Sécurité de l'AIEA sous le numéro 111.) La tête de série est un document qui expose les fondements et les objectifs essentiels de la sûreté, ainsi que les principes fondamentaux qui devraient régir les programmes nationaux de gestion des déchets.

Sous ce chapeau, des documents sur les normes de sûreté, des guides de sûreté et de bonne pratique se répartiront entre les six domaines suivants: planification; entreposage; évacuation à faible profondeur; évacuation en formation géologique; déchets de l'extraction et du broyage du minerai d'uranium/thorium; déclassement et régénération de l'environnement. Cinq comités techniques permanents (CTP) ont été créés pour revoir les documents traitant respectivement de ces six sujets (un comité s'occupe à la fois de l'évacuation à faible profondeur et en formation géologique). Cette procédure permettra de rationaliser l'élaboration de cette documentation et de profiter des compétences des pays participants.

Tout le programme est placé sous l'autorité du Comité consultatif international sur la gestion des déchets radioactifs (INWAC), qui se compose d'experts de haut niveau venant d'un choix de pays Membres de l'AIEA. Ce comité est spécialement chargé de donner des avis pour fixer le plan et le calendrier de publication de RADWASS. En outre,

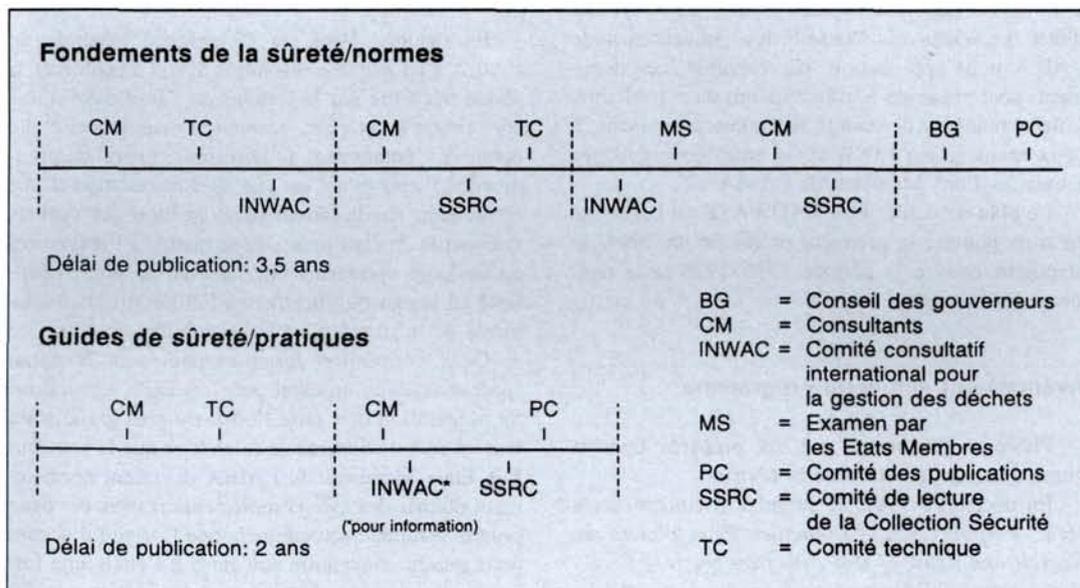
M. Saire est chef de la Section de la gestion des déchets, Division du cycle du combustible nucléaire et de la gestion des déchets, et M. Warnecke est le membre de cette section chargé de coordonner le programme RADWASS.

Sommaire de la documentation RADWASS

Fondements de la sûreté					
<i>Phase 1:</i> Principes de gestion des déchets radioactifs					
Planification	Entreposage	Evacuation à faible profondeur	Evacuation en formation géologique	Extraction et broyage des minerais d'uranium/thorium	Déclassement/Régénération de l'environnement
Normes de sûreté					
<i>Phase 1:</i> Institution d'un régime juridique national pour la gestion des déchets radioactifs	<i>Phase 1:</i> Gestion des déchets radioactifs pour leur entreposage	<i>Phase 1:</i> Evacuation des déchets radioactifs à faible profondeur	<i>Phase 2:</i> Evacuation des déchets radioactifs en formation géologique	<i>Phase 2:</i> Gestion des déchets de l'extraction et du broyage des minerais d'uranium et de thorium	<i>Phases 2 et 3:</i> Déclassement des installations nucléaires (y compris la régénération de l'environnement)
Guides de sûreté					
<i>Phase 1:</i> Classement des déchets radioactifs	<i>Phase 2:</i> Collecte et traitement des déchets d'activité faible et intermédiaire provenant des installations du cycle du combustible nucléaire	<i>Phase 1:</i> Choix du site des dépôts à faible profondeur	<i>Phase 1:</i> Choix du site des dépôts en formation géologique	<i>Phase 2:</i> Choix du site, conception, construction et exploitation des installations de gestion des déchets de l'extraction et du broyage des minerais d'uranium et de thorium	<i>Phase 2:</i> Déclassement des réacteurs de puissance et des grands réacteurs de recherche
<i>Phase 2:</i> Planification et mise en œuvre des programmes nationaux de gestion des déchets radioactifs	<i>Phase 1:</i> Préparation pour l'entreposage des déchets radioactifs de la médecine, de l'industrie et de la recherche	<i>Phase 2:</i> Conception, construction, exploitation et fermeture des dépôts à faible profondeur	<i>Phase 3:</i> Conception, construction, exploitation et fermeture des dépôts en formation géologique	<i>Phase 2:</i> Déclassement des installations de surface et fermeture des mines, isolation des déblais et schlamms de l'extraction et du broyage des minerais d'uranium et de thorium	<i>Phase 2:</i> Déclassement des installations médicales, industrielles et de petite recherche
<i>Phase 2:</i> Homologation des installations de gestion des déchets radioactifs	<i>Phase 2:</i> Conditionnement et entreposage des déchets d'activité faible et intermédiaire des installations du cycle du combustible nucléaire	<i>Phase 2:</i> Evaluation de la sûreté pour l'évacuation à faible profondeur	<i>Phase 2:</i> Evaluation de la sûreté pour l'évacuation en formation géologique	<i>Phase 3:</i> Evaluation de la sûreté pour la gestion des déchets de l'extraction et du broyage des minerais d'uranium et de thorium	<i>Phase 2:</i> Déclassement des installations du cycle du combustible nucléaire
<i>Phase 2:</i> Assurance de la qualité pour la sûreté de la gestion des déchets radioactifs	<i>Phase 2:</i> Traitement, conditionnement et entreposage des déchets fortement radioactifs du retraitement				<i>Phase 2:</i> Evaluation de la sûreté pour le déclassement des installations nucléaires
<i>Phase 1:</i> Niveaux d'affranchissement des radionucléides dans des matières solides: application des principes d'exemption	<i>Phase 2:</i> Préparation du combustible épuisé en vue de son entreposage				<i>Phase 2:</i> Régénération de l'environnement de zones précédemment utilisées ou accidentellement contaminées
<i>Phase 3:</i> Calcul des limites de rejet pour les installations de gestion des déchets	<i>Phase 2:</i> Evaluation de la sûreté des installations d'entreposage des déchets				<i>Phase 3:</i> Niveaux recommandés de décontamination des terres contaminées
<i>Phase 2:</i> Glossaire de gestion des déchets radioactifs					

Sommaire de la documentation RADWASS

Planification	Entreposage	Evacuation à faible profondeur	Evacuation en formation géologique	Extraction et broyage des minerais d'uranium/thorium	Déclassement/Régénération de l'environnement
Pratiques de sûreté					
<i>Phase 1:</i> Application des principes d'exemption au recyclage et à la réutilisation de matériaux venant d'installations nucléaires	<i>Phase 3:</i> Traitement des effluents gazeux et systèmes de ventilation des installations nucléaires	<i>Phase 3:</i> Validation et vérification des modèles pour l'évaluation de la sûreté à long terme des installations d'évacuation des déchets radioactifs		<i>Phase 3:</i> Procédures concernant la fermeture des mines, les résidus rocheux et les schlamms	<i>Phase 3:</i> Techniques garantissant la sûreté de l'entreposage de matériels nucléaires
<i>Phase 1:</i> Application des principes d'exemption aux matières résultant de l'emploi de radionucléides en médecine, dans l'industrie et dans la recherche	<i>Phase 3:</i> Classification des déchets bruts	<i>Phase 3:</i> Procédures de fermeture des installations d'évacuation de déchets radioactifs		<i>Phase 3:</i> Contrôle radiologique, surveillance et maintenance en cours d'exploitation et ultérieurement des installations de gestion des déchets de l'extraction et du broyage des minerais d'uranium et de thorium	<i>Phase 3:</i> Procédures et techniques de déclassement des installations nucléaires
<i>Phase 3:</i> Acquisition des données et tenue des fichiers pour la gestion des déchets radioactifs	<i>Phase 3:</i> Contrôle des procédés de conditionnement des déchets	<i>Phase 2:</i> Conditions requises pour autoriser l'évacuation de déchets radioactifs à faible profondeur	<i>Phase 3:</i> Conditions requises pour autoriser l'évacuation de déchets radioactifs en formation géologique		<i>Phase 2:</i> Méthodes de calcul des niveaux de décontamination des terres contaminées
	<i>Phase 3:</i> Essai des colis radioactifs	<i>Phase 3:</i> Choix de scénarios pour l'évaluation de la sûreté des installations d'évacuation à faible profondeur	<i>Phase 3:</i> Choix de scénarios pour l'évaluation de la sûreté des installations d'évacuation en formation géologique		<i>Phase 3:</i> Contrôle radiologique des niveaux de décontamination
		<i>Phase 3:</i> Système de contrôle radiologique et de surveillance en cours d'exploitation et après fermeture des dépôts à faible profondeur			



Préparation des documents RADWASS

il examine et approuve les Fondements de la sûreté et les Normes de sûreté, ainsi que la table des matières de tous les autres documents de la série. L'étroite et active collaboration des experts nationaux joue donc un rôle important dans la préparation de toute cette documentation.

Préparation et révision des documents

Après son approbation de principe par le Conseil des gouverneurs de l'AIEA en septembre 1990, le programme RADWASS a été mis en œuvre en 1991 pour concrétiser par écrit le consensus international sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs. La première phase du programme prévoit 12 documents hautement prioritaires à publier avant la fin de 1994. La phase 2 commencera par la préparation de 13 documents complémentaires après 1994.

A l'époque, on avait déjà envisagé d'entreprendre un examen du programme en 1993 afin de préciser le calendrier de publication et les ressources nécessaires après 1994. L'INWAC a procédé à cet examen en mars 1993 et décidé l'achèvement du programme et son élargissement de 24 à 55 documents (voir le tableau). En particulier, les pratiques de sûreté ont été définies pour les six domaines considérés et l'on a prévu 11 guides de sûreté supplémentaires sur les sujets suivants: homologation; assurance de la qualité; évaluation de la sûreté; définitions; et régénération de l'environnement. En outre, quelques modifications ont été apportées en ce qui concerne le déclassement auquel vient s'ajouter la question de la régénération de l'environnement.

La préparation de chaque document RADWASS est normalisée, mais des étapes complémentaires peuvent être ajoutées selon les besoins. Une procédure très étudiée règle la préparation des documents Fondements de la sûreté et Normes de sûreté, vu leur rang élevé et l'importance que revêt la réalisation d'un consensus international à leur sujet. Avant d'être présentés au Conseil des gouverneurs de l'AIEA pour approbation, par exemple, ces documents sont présentés à trois réunions de consultants, à deux réunions de comité technique permanent, à deux examens par l'INWAC et enfin communiqués à tous les Etats Membres de l'AIEA.

Le plan de publication RADWASS est subdivisé en trois phases: la première prend fin en 1994, la deuxième couvre la période 1995-1998 et la troisième lui fait suite.

Avancement actuel du programme

Plusieurs documents ont été préparés dont la plupart en sont au stade de la révision.

En décembre 1992, le premier document de la série — *Application of Exemption Principles to the Recycle and Reuse of Materials from Nuclear Facilities* — a été publié comme pratique de sûreté. Il éva-

lue plusieurs scénarios d'exposition d'individus à des radionucléides provenant de matériels nucléaires.

Au cours de 1994, le projet revu du document Fondements de la sûreté devrait être prêt pour sa présentation au Conseil des gouverneurs de l'AIEA. Il a été examiné par les Etats Membres et par les consultants réunis vers la fin de 1993 et au début de 1994, et a été présenté aux Etats Membres pour un nouvel examen en février 1994.

Plusieurs autres documents ont été soumis, ou sont sur le point de l'être, à l'examen des Etats Membres. Il s'agit de quatre documents sur les Normes de sûreté: *National Legal System for Radioactive Waste Management*; *Pre-disposal Management of Radioactive Waste*; *Near Surface Disposal of Radioactive Waste*; et *Decommissioning of Nuclear Facilities*.

En outre, deux guides de sûreté — *Classification of Radioactive Waste and Siting of Geological Disposal Facilities* — sont en cours de publication. Un troisième guide de sûreté — *Siting of Near Surface Disposal Facilities* — a été approuvé sur le plan intérieur, et un autre — *Clearance Levels for Radionuclides in Solid Materials* — est en cours d'examen à cet échelon. Citons encore le guide de sûreté intitulé *Pre-disposal Management of Low and Intermediate Level Waste from Medicine, Industry and Research*, qui devrait être achevé vers la fin de 1994.

Un autre document, une pratique de sûreté cette fois, intitulé *Application of Exemption Principles to Materials Resulting from the Use of Radionuclides in Medicine, Industry and Research*, est en préparation en vue de son examen à l'échelon interne. Il a déjà été revu indépendamment par des consultants et par des spécialistes nationaux membres des comités techniques et des groupes consultatifs.

Convention sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs

En octobre 1993, la Conférence générale de l'AIEA a adopté une résolution visant à renforcer la sûreté nucléaire par la conclusion à bref délai d'une convention à cet effet, résolution dans laquelle elle demandait notamment au Directeur général de prendre des dispositions en vue de l'élaboration d'une convention sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs. Il était prévu de se mettre à l'œuvre dès qu'un large consensus international se serait manifesté en faveur du document à l'étude sur les fondements de la sûreté pour la gestion des déchets.

Cette convention ferait cavalier seul et aurait force exécutoire en droit pour les Etats signataires. Sa préparation doit faire l'objet du plus grand soin, tant en ce qui concerne le calendrier que le contenu. Les Etats Membres de l'AIEA devraient normalement donner des avis complémentaires sur ces deux points. Il semble actuellement que l'on soit d'accord pour que la convention soit mise à l'étude une fois que les Fondements de la sûreté, et peut-être aussi les

Normes de sûreté relatives aux systèmes nationaux de gestion, auront l'approbation du Conseil des gouverneurs de l'AIEA. Un «rapprochement» devrait permettre de déterminer quels éléments des documents du programme devraient être repris dans le texte de la convention.

Un coup de pouce à la convention pourrait aussi venir du séminaire international sur les conditions requises pour une gestion sûre des déchets radioactifs, que l'AIEA réunira du 28 août au 1er septembre 1995. Il donnera l'occasion d'examiner les résultats de la première phase du programme RADWASS et de faire le point de l'expérience des divers pays dans le domaine de la gestion des déchets.

Principes et conditions de la sûreté

Pour gérer des déchets radioactifs en toute sécurité, il faut intégrer et réglementer l'application des techniques et des ressources nécessaires. Il s'agit d'abord de contrôler la radioexposition des travailleurs et du public et de protéger l'environnement en se conformant aux règlements nationaux et aux recommandations internationales. A cette fin, plusieurs principes qu'il faut faire accepter sur le plan international ont été définis dans le dernier projet du document Fondements de la sûreté qui traite des principes de la gestion des déchets radioactifs. Ce sont:

Principe 1: Protection de la santé publique. La gestion doit se faire de façon à assurer un degré acceptable de protection de la santé publique.

Principe 2: Protection de l'environnement. La gestion doit se faire de façon à assurer la protection de l'environnement.

Principe 3: Protection au-delà des frontières nationales. La gestion doit se faire de façon à s'assurer que les effets éventuels sur la santé et l'environnement au-delà des frontières nationales demeurent dans les limites de ce qui est acceptable dans le pays d'origine.

Principe 4: Protection des générations futures. La gestion doit se faire de façon à maintenir les effets prévus sur la santé des générations futures dans les limites acceptables aujourd'hui.

Principe 5: Charges des générations futures. La gestion doit se faire de façon à ne pas imposer de charges excessives aux générations futures.

Principe 6: Cadre juridique. La gestion doit se faire dans un contexte juridique approprié qui spécifie clairement les responsabilités et prévoit un contrôle réglementaire indépendant.

Principe 7: Contrôle de la production de déchets radioactifs. Cette production doit être maintenue au minimum possible.

Principe 8: Interdépendance de la production et de la gestion des déchets radioactifs. Il faut tenir compte comme il convient de l'interdépendance entre toutes les phases de la production et de la gestion des déchets radioactifs.

Principe 9: Sûreté des installations. La sûreté des installations de gestion des déchets radioactifs doit être assurée comme il convient pendant toute la durée utile de celles-ci.

Pour que les pays puissent appliquer ces principes, il leur faut un cadre juridique adapté à la gestion des déchets. Le système doit bien préciser les objectifs et les exigences de la stratégie nationale de gestion des déchets radioactifs, ainsi que les responsabilités des parties intéressées. Il doit aussi comporter les dispositions nécessaires en ce qui concerne les procédures d'octroi de licence et les évaluations de la sûreté et de l'environnement.

Les éléments de ce système sont sommairement rappelés dans la dernière version de la norme de sûreté RADWASS sur l'institution d'un régime juridique national pour la gestion des déchets radioactifs, qui est le document clé de la rubrique «planification». Le document prévoit dix attributions pour l'Etat, l'organisme de réglementation et les exploitants.

Attributions de l'Etat: 1) instituer et appliquer un régime juridique; 2) créer un organisme de réglementation; 3) définir les attributions des producteurs de déchets et des responsables de leur gestion; 4) fournir les ressources nécessaires.

Attributions de l'organisme de réglementation: 1) appliquer et assurer le respect des prescriptions juridiques; 2) appliquer la procédure d'octroi de licences; 3) conseiller le gouvernement.

Attributions des responsables de la gestion: 1) trouver une destination acceptable pour les déchets radioactifs; 2) veiller à la sûreté de leur gestion; 3) se conformer aux prescriptions juridiques.

L'AIEA s'occupe également de formuler, en tant que norme de sûreté, une définition des prescriptions techniques de sûreté pour chacun des cinq autres domaines du programme, afin d'aider les pays à mettre en œuvre les principes de sûreté énoncés dans le document traitant des principes de la gestion des déchets radioactifs.

On possède désormais une grande expérience de la gestion des déchets radioactifs.
(Photo: BNFL)



L'interface entre les garanties nucléaires et l'évacuation des déchets radioactifs: problèmes nouveaux

Des experts étudient les conditions et les directives nécessaires à l'application des garanties aux dépôts de déchets dans des formations géologiques et autres lieux

par Gordon
Linsley et
Abdul Fattah

Un certain nombre de questions se posent lorsqu'il s'agit d'appliquer des mesures de contrôle à des déchets radioactifs, en particulier au stade de leur évacuation.

Le principal souci, au niveau de la gestion des déchets, est d'éviter que les garanties ne perturbent les dispositions prises en vue de la sûreté à long terme des déchets radioactifs, y compris le combustible épuisé, déposé dans des formations géologiques. L'obligation d'imposer des garanties à certaines matières nucléaires vaut pour tout le cycle du combustible jusqu'au moment où les matières peuvent être considérées comme des déchets, du point de vue économique. Or, des garanties doivent continuer de s'appliquer à des matières qui demeurent candidates au détournement ou à des usages non déclarés et non pacifiques. C'est à cet égard que la nécessité de maintenir les garanties en vigueur peut contrarier les dispositions à prendre pour s'assurer que les déchets sont gérés et évacués dans des conditions de sûreté à long terme.

En 1992, les problèmes que soulève l'interface entre les garanties et la gestion des déchets radioactifs ont été discutés lors d'une réunion du sous-groupe permanent du Comité consultatif international pour la gestion des déchets (INWAC), sous-

groupe qui s'occupe des principes et des critères de l'évacuation des déchets radioactifs. Il ressortait de ce débat que l'ensemble des problèmes qui sous-tendent la nécessité d'appliquer des garanties ne sont pas bien compris des responsables de la gestion des déchets radioactifs. Le sous-groupe a demandé que l'on prépare un document de travail qui étudierait la position actuelle des garanties à l'égard des déchets radioactifs, y compris le combustible épuisé, sous l'angle de la gestion de ces déchets. Nous reprenons ici ce mémoire*, qui devrait être considéré comme un apport au dialogue entre les services de gestion des déchets radioactifs et les responsables de l'application des garanties.

Politique des garanties concernant les déchets radioactifs et le combustible épuisé

Depuis quelques années, le Département des garanties de l'AIEA cherche à définir une politique à l'égard des déchets radioactifs et du combustible épuisé. Le fond du problème consiste à déterminer à quelles conditions les garanties peuvent être levées, ou s'il faut les maintenir en vigueur indéfiniment. Les documents de l'Agence INFCIRC/66/Rev.2 et INFCIRC/153 spécifient que les garanties peuvent être levées lorsque l'AIEA établit que les matières ont été consommées ou diluées à tel point qu'elles ne peuvent plus servir à aucune activité nucléaire ou sont devenues pratiquement irrécupérables. (A noter que certains organismes régionaux, tel EURATOM,

M. Linsley est membre de la Division du cycle du combustible nucléaire et de la gestion des déchets, Département de l'énergie et de la sûreté nucléaires (AIEA), et M. Fattah est membre de la Division des concepts et de la planification, Département des garanties. Le présent article reprend un mémoire («The Interface between Nuclear Safeguards and Radioactive Waste Disposal») présenté à un colloque international de l'AIEA sur les garanties, en mars 1994. S'adresser aux auteurs pour tout complément d'information.

* Le groupe de travail était composé de MM. D. Gentsch (Allemagne), F. Gera (Italie), S. Wingefors (Suède), et G. Linsley et A. Fattah (AIEA).

ne permettent aucunement la levée des garanties.) On a fait observer qu'il conviendrait de définir techniquement avec plus de précision les notions de «consommées», «diluées» ou «pratiquement irrécupérables» appliquées à des matières du cycle du combustible nucléaire.

En 1988, un groupe consultatif a été réuni pour étudier la question de l'application des garanties à des matières nucléaires contenues dans des déchets et dans le combustible épuisé définitivement évacués.

Il recommanda à l'AIEA de chercher à définir, en consultation avec ses Etats Membres, des critères spécifiques pour la levée des garanties appliquées à des déchets autres que le combustible épuisé. Les critères permettant de déterminer le caractère «pratiquement irrécupérable» devraient inclure le type des déchets, la composition en matières nucléaires, la forme chimique et physique, et une indication qualitative (par exemple la présence ou l'absence de produits de fission). Les quantités, les paramètres techniques spécifiques de l'installation, et la méthode d'évacuation proposée devraient également être pris en considération.

Pour ce qui est du combustible épuisé, le groupe a conclu que l'on ne saurait le considérer comme pratiquement irrécupérable à aucun moment avant ou après sa mise en place dans une formation géologique communément dénommée «dépôt permanent» et que les garanties ne devraient donc pas être levées en ce qui le concerne. Depuis lors, le Département des garanties n'a cessé de chercher à définir les critères de la levée des garanties appliquées aux déchets tout en continuant d'étudier des modalités d'application des garanties au combustible épuisé placé dans des dépôts en formation géologique.

Principes de la gestion des déchets radioactifs

Le but essentiel est de concevoir des systèmes de manutention, de traitement et d'évacuation des déchets radioactifs qui assurent la protection de l'être humain dans le présent et dans l'avenir. Le souci de l'avenir est dû à la présence de composants radioactifs de longue période dans certains types de déchets, notamment ceux de haute activité, et dans le combustible nucléaire épuisé.

Cette préoccupation a amené l'Agence à formuler notamment les principes ci-après:

«Les déchets radioactifs doivent être gérés de telle manière que l'impact prévu sur la santé des générations futures n'excède pas les niveaux acceptables aujourd'hui». Ce principe découle d'une considération d'éthique quant à la santé des générations futures. Il faut, dans ce cas, que les déchets soient isolés de l'environnement humain pendant de très longues périodes et que, dans la mesure où il n'est pas possible d'assurer indéfiniment un confinement absolu, l'on s'efforce au moins d'éviter que les radionucléides n'aient un impact significatif lors-

qu'ils pénètrent dans l'environnement. Lorsque le dépôt a eu lieu dans une formation géologique profonde, l'isolement est assuré par un ensemble de barrières qui entourent les déchets, les unes artificielles (le conteneur, les matériaux de remblayage), les autres naturelles (la géosphère, la biosphère).

Ajoutons cet autre principe:

«Les déchets radioactifs doivent être gérés de manière à limiter la charge pour les générations futures». Le fondement éthique de ce principe est que la génération qui produit les déchets doit assumer la responsabilité de leur gestion. Ainsi, la génération actuelle se doit de mettre au point la technologie nécessaire, d'exploiter les installations et de financer la gestion des déchets, ce qui comprend les moyens d'évacuation. La gestion à long terme devrait normalement s'en tenir au confinement comme critère de sûreté indispensable, sans compter sur des arrangements administratifs à long terme. Cela n'exclut pas le recours éventuel à des mesures de contrôle telles que la surveillance radiologique et la constitution d'un dossier, mais, vu le facteur temps, il ne faudrait pas confier à ces mesures l'essentiel de la protection.

Problèmes d'interface

Du point de vue de la gestion des déchets, il faut essentiellement veiller à ce qu'aucune mesure de contrôle éventuelle ne compromette la sûreté du système de gestion. D'autres facteurs, dont nous ne parlerons pas ici, peuvent intervenir, dont les dépenses supplémentaires éventuelles afférentes à l'application de garanties. Nous allons voir maintenant comment le problème se pose aux divers stades de la gestion qui se terminent par l'évacuation définitive.

Levée des garanties appliquées aux déchets

Comme le Groupe consultatif l'avait recommandé en 1988, l'étude de critères pour la levée des garanties appliquées à différents types de déchets a continué lors de réunions au Siège de l'AIEA en 1989 et 1990. Une série de critères techniques ont été définis sans divergence de vues, toutefois, quant à la limitation des quantités. La plupart des déchets produits dans le cycle du combustible relèveront de ces critères, mais certains y échapperont. Pour ceux-ci, qui sont conditionnés de façon à accroître leur résistance à la lixiviation, il a été proposé de considérer la levée des garanties dans chaque cas particulier.

Selon le type de déchets, les conditionnements d'usage sont l'incorporation à du bitume ou à du ciment, et la vitrification. Certains estiment que les déchets ainsi traités sont de piètre qualité, peu tentants pour un détournement et très difficilement exploitables pour en tirer des quantités intéressantes de matières nucléaires. Une fois conditionnés de la sorte puis placés et scellés dans un dépôt dans une formation géologique, la probabilité que l'on puisse

en extraire des matières nucléaires est d'autant plus réduite. La plupart des spécialistes de la gestion des déchets estiment qu'il faudrait mettre fin aux garanties à ce stade ou même avant. Cela dit, on peut faire observer que les déchets ne se présentent sous aucune forme physique dont on ne puisse extraire des matières nucléaires si l'on veut y mettre le prix. Certaines technologies nouvelles pourraient offrir un moyen plus commode et moins onéreux de récupérer des matières et il n'est pas exclu de pouvoir les appliquer à des déchets auparavant libérés des garanties.

A l'heure actuelle, il n'y a pas de consensus bien net sur cette question et la position officielle du département compétent est que les garanties devraient continuer de s'appliquer à certains types de déchets même après leur conditionnement et leur évacuation.

Conditionnement du combustible épuisé

Le conditionnement du combustible épuisé consiste à immobiliser ou à conditionner les assemblages soit dans des installations situées sur le site même du réacteur, soit ailleurs. Ces opérations s'effectuent généralement à sec. Lorsqu'il est livré au poste de conditionnement, le combustible épuisé est placé dans une cellule chaude où on le désarticule. Ses différentes parties sont alors déposées dans un conteneur ayant les caractéristiques prévues pour l'évacuation. Dans certains cas, il faut éventuellement tronçonner les composants. Ce qui importe avant tout, c'est de s'assurer que les assemblages combustibles ont conservé leur intégrité lorsqu'ils arrivent au poste de conditionnement. La principale difficulté du point de vue des garanties est la perte d'identité d'un assemblage combustible en tant qu'article distinct aux fins de la comptabilité. Les manipulations qui modifient la composition du combustible épuisé doivent être suivies de mesures visant à vérifier la teneur en matières nucléaires. L'efficacité des garanties dépend donc des méthodes comptables utilisées pour vérifier la composition et la teneur des matières définitivement évacuées.

Diverses méthodes de contrôle ont été proposées pour application au niveau de l'installation de conditionnement; ce sont généralement des adaptations de techniques existantes, et aucune d'entre elle ne devrait poser de graves problèmes de sûreté. Aucune méthode destructive de vérification n'est prévue. Bien au contraire, un système efficace de garanties doit exiger que l'on prenne soin de la manipulation du combustible lui-même et de l'évacuation ultérieure des colis. Il faut cependant faire très attention, avec certains conteneurs, pour que les marques apposées aux fins des garanties ne compromettent pas à long terme leur résistance à la corrosion.

A noter que l'intention d'appliquer les garanties imposera certaines conditions à la conception et à l'aménagement de l'installation de conditionnement.

Le problème doit être étudié par les autorités nationales, par les exécutants et par le Département des garanties de l'AIEA.

Phase opérationnelle d'un dépôt

Un dépôt dans une formation géologique est semblable à une mine avec ses galeries d'accès et ses cavités creusées en profondeur dans la formation géologique. Diverses installations auxiliaires sont mises en place en surface, au-dessus du dépôt. Des puits permettent d'accéder aux salles souterraines. Au moins trois sortes de puits sont envisagées pour assurer une exploitation optimale. Il y a les puits pour le transfert des conteneurs, les puits d'admission d'air pour la ventilation et le passage du personnel, et les puits d'extraction de l'air de ventilation. Les installations souterraines sont aménagées de façon à permettre de nouvelles excavations, à réceptionner et à transporter le combustible épuisé, à le mettre en place, et à remblayer les cavités utilisées. Les travaux d'excavation peuvent se faire en continu. Une fois les cavités creusées, les puits d'accès sont ouverts. Le combustible épuisé vient de l'installation de conditionnement dans des conteneurs qui sont adaptés dans les installations de surface en vue de leur dépôt définitif. Ils sont alors descendus jusqu'au niveau du dépôt, transférés jusqu'à la cavité prévue pour les recevoir et déposés dans les fosses. Toutes ces opérations sont en principe télécommandées. Lorsque le conteneur est en place, les vides sont comblés avec des matériaux de faible perméabilité.

Après remplissage à la capacité nominale et remblayage des cavités, on ferme le dépôt en commençant par combler toutes les galeries et autres accès à niveau et, enfin, les puits d'accès sont à leur tour comblés afin de remettre la formation dans son état primitif.

Les opérations importantes du point de vue des garanties sont l'identification de chaque conteneur qui pénètre dans le dépôt, puis le contrôle pour vérifier qu'il y demeure jusqu'à ce que les accès soient comblés et le dépôt obturé.

Comme la sûreté à long terme que garantit le système dépend du bon fonctionnement du dispositif de barrières multiples qui entoure les déchets ou le combustible épuisé, il importe qu'aucune des mesures de contrôle prises pour identifier, suivre et vérifier les conteneurs ne nuise au système. Les méthodes de contrôle applicables à ce stade sont encore à l'étude. Elles consisteront avant tout à identifier et à dénombrer les conteneurs pénétrant dans le dépôt, à vérifier constamment les mouvements à tous les points d'accès et à se maintenir parfaitement au courant de la configuration et des modifications du dépôt. On a fait observer qu'il n'est pas important de connaître l'emplacement exact des conteneurs dans le dépôt, mais seulement d'être en mesure de vérifier qu'ils y sont bien entrés et y sont restés.

La plupart des méthodes de contrôle proposées ne devraient pas compromettre l'intégrité des conteneurs et des matériaux qui les entourent. On a cependant laissé entendre que des techniques géophysiques pourraient être utilisées pour localiser des colis à l'intérieur du dépôt. Il faut que ces méthodes soient sans effet destructif sur les barrières géologiques naturelles qui s'opposent à la migration des radionucléides.

Après la fermeture du dépôt

Ces dépôts à grande profondeur sont conçus pour une isolation de longue durée réalisée grâce à une combinaison de barrières artificielles et naturelles. Les déchets radioactifs de longue période, dont le combustible irradié, doivent demeurer pour ainsi dire totalement isolés pendant des millénaires. Comme il est inconcevable qu'une société humaine puisse être apte ou disposée à surveiller des sites de dépôt pendant aussi longtemps, le dispositif d'isolement doit avoir des caractéristiques passives. En d'autres termes, la sûreté dépend des propriétés intrinsèques des barrières et non de l'exécution de mesures de surveillance et de maintenance.

D'autre part, on sait que l'opinion publique exige qu'une certaine surveillance soit assurée à l'emplacement de ces dépôts pendant une période indéterminée. Ces contrôles périodiques auraient pour objet de donner l'assurance que le dépôt se comporte comme l'évaluation de la sûreté le laissait prévoir et qu'aucun événement imprévu ne se produit. Aucun programme de contrôle ne devrait prévoir des mesures qui risqueraient de nuire à la performance des barrières. Les forages pour prélever des échantillons en profondeur ou pour installer des instruments au cœur des formations isolantes sont de toute évidence des opérations inacceptables. Comme les contrôles radiologiques ne sont pas techniquement nécessaires mais ne se justifient que vis-à-vis de la société, il est clair que l'on ne saurait prévoir leur durée. Nous pouvons supposer que, à un moment quelconque dans l'avenir et à la suite d'une analyse coût/avantage, les contrôles soient délibérément suspendus ou encore qu'ils cessent de se justifier à la suite d'un grand bouleversement de la société. Quand il s'agit d'évacuation à faible profondeur de déchets radioactifs de courte période — option dont la sûreté dépend du maintien de contrôles administratifs sur le site — on estime généralement qu'il serait déraisonnable de s'attendre à ce que ces contrôles durent pendant plus de quelques siècles.

Quant à l'application de garanties à des dépôts de combustible irradié dans des formations géologiques, après la fermeture, le Groupe consultatif des garanties de 1988 a estimé qu'il n'est pas possible de lever les garanties même après cette fermeture. Cette opinion soulève certaines questions, à savoir notamment comment concevoir une procédure effective de contrôle qui ne compromette

pas la sûreté du dépôt; et pendant combien de temps faudrait-il appliquer des garanties, sachant que le combustible irradié demeurera une source potentielle de matières nucléaires pendant des centaines de millénaires.

Voici quelques réponses possibles: le dépôt devrait être soumis aux garanties sans que ses caractéristiques de sûreté en souffrent. Comme l'ouverture d'un dépôt obturé demande nécessairement un certain temps et ne saurait passer inaperçue, la méthode qui s'impose serait l'analyse de photographies obtenues par satellite. En outre, le site en surface du dépôt déclassé pourrait être soumis à des inspections internationales périodiques. A noter que ce système de surveillance aux fins des garanties renforcerait la sûreté du dépôt car elle entraverait ou rendrait impossible toute intrusion humaine involontaire dans le dépôt.

L'application de garanties aux matières nucléaires est aujourd'hui un sérieux problème pour la société et continuera sans doute de l'être dans l'avenir. Or, la situation peut évoluer d'une manière que nous ne saurions prévoir. On peut en effet imaginer des scénarios dans lesquels certaines transformations de la société rendraient les garanties inutiles.

Vers une étroite coopération

Notre analyse a surtout pour objet d'évaluer les incidences de l'application des garanties sur la gestion des déchets radioactifs et du combustible irradié. On a pu même se demander, non sans préoccupation, si l'on ne risquait pas de voir s'opposer les exigences des garanties à la démarche essentielle de la gestion des déchets qui consiste à s'assurer que les substances radioactives contenues dans ces déchets seront isolées de la biosphère aussi longtemps qu'il le faudra pour ramener leur impact radiologique à des niveaux acceptables.

A certaines conditions, l'application de garanties à la gestion des déchets radioactifs peut se faire sans effet négatif sur la sûreté. On constate tout d'abord que les premières étapes de la gestion qui précèdent l'évacuation ne présentent aucune difficulté puisque les modalités des garanties s'appliquent déjà ou peuvent s'appliquer facilement. En ce qui concerne l'évacuation, la condition essentielle est que ces modalités soient conçues de façon à donner la priorité absolue à la sûreté du dispositif d'isolation. En d'autres termes, il ne faut compromettre ni l'intégrité des barrières artificielles par des mesures de surveillance et de contrôle pendant le remplissage, le remblayage et l'obturation des cavités, ni celle des barrières naturelles par une surveillance et des contrôles pratiqués après la fermeture du dépôt.

Il va de soi qu'un dépôt à grande profondeur où sont placées des matières nucléaires sous garanties doit être lui-même soumis aux garanties pendant les opérations. Du point de vue de la gestion des déchets et en supposant que les aménagements de sûreté du



Des experts étudient les conditions d'application des garanties aux déchets radioactifs à évacuer dans des dépôts aménagés dans des formations géologiques.

(Photo: US DOE)

dépôt restent intacts, l'application des garanties sous forme de surveillance et de contrôle des accès en surface (puits et rampes d'accès) ne devrait poser aucun problème. De même, rien ne s'oppose à des inspections à vue dans les installations souterraines. Toutefois, il faudrait éviter de recourir à des techniques géophysiques pour localiser les colis de déchets à l'intérieur du dépôt car cela risquerait de porter atteinte à la sûreté des barrières.

Actuellement, il n'existe aucune modalité de garanties bien définie pour les dépôts fermés qui ne contiennent que des déchets. Il faudrait donc étudier les mesures de contrôle à appliquer à ce genre de dépôt, compte tenu des teneurs relativement faibles en matières nucléaires des diverses catégories de déchets radioactifs, et aussi des difficultés que comportent la récupération de déchets conditionnés dans un dépôt profond et fermé, puis l'extraction des matières nucléaires.

Quant aux dépôts de combustible irradié, la politique du Département des garanties de l'AIEA est de maintenir les garanties en vigueur après la fermeture. Par la suite, les méthodes de surveillance proposées, par exemple une combinaison d'imagerie par satellite et d'inspections, garantiraient le maintien de l'intégrité du dépôt sans perturber le dispositif de sûreté.

La durée des contrôles à exercer sur les sites de ce genre, au titre des garanties, ne saurait être prédite, mais, vu la composition du combustible épuisé, l'application de garanties serait justifiée pendant des millénaires. Le principe d'une surveillance indéfinie pose deux problèmes: 1) il est en contradiction avec l'un des objectifs de la gestion des déchets radioactifs

qui veut que l'on n'impose pas de charges aux générations futures, 2) il obligerait de prendre des dispositions financières pour une activité de durée inconnue et dont le coût, par conséquent, ne peut être valablement estimé.

Pour que l'on parvienne à mettre au point des modalités de garanties compatibles avec des plans prévoyant un isolement à long terme des déchets radioactifs, il faut que les spécialistes des garanties et de l'évacuation des déchets travaillent en étroite collaboration.

Enseignement et formation en radioprotection et sûreté nucléaire: combler les lacunes

L'AIEA contribue plus activement à la mise en valeur des ressources humaines de ses pays Membres

par Karol Skornik

L'enseignement et la formation sont indispensables au développement des ressources humaines pour l'industrie dans le monde entier. Dans le secteur nucléaire, on a redoublé d'efforts à cet égard au cours des dernières années. Dans ses plans pour l'an 2000, l'AIEA a aussi accordé une grande importance à la mise en valeur des ressources humaines dans le domaine de la sûreté nucléaire et radiologique, parallèlement au renforcement de l'assistance technique visant à améliorer les infrastructures nationales et à promouvoir la sûreté des diverses applications des techniques nucléaires à des fins pacifiques.

En septembre 1993, la Conférence générale de l'AIEA a approuvé le programme 1994-1998 d'enseignement et de formation en radioprotection et sûreté nucléaire. Cet article donne un aperçu du programme dans le contexte des événements mondiaux du domaine nucléaire, des priorités et des besoins des différents pays, et des orientations.

Le climat

La recherche de l'excellence en matière de sûreté nucléaire et radiologique exige une approche intégrée de l'enseignement et de la formation. Tant la radioprotection que la sûreté nucléaire sont des spécialités en fait multidisciplinaires dont les différentes composantes — physique, chimie, biologie, technologie nucléaire et autres — sont interdépendantes. En revanche, quand on aborde la mise en valeur des ressources humaines, apparaissent des différences très sensibles ainsi que des besoins et des problèmes particuliers dus à la grande variété des applications de l'énergie nucléaire et des rayonnements.

De nos jours, les techniques utilisant les rayonnements et les sources radioactives sont largement appliquées dans le monde entier, en particulier en médecine (radiologie diagnostique, radiothérapie, médecine nucléaire) ainsi que dans l'industrie, en agriculture et dans la recherche.

En médecine, par exemple, citons ces quelques chiffres:

- Plus de 400 000 appareils de radiographie aux rayons X sont en service et le nombre d'exams s'élèvent à 1,2 milliard par an;
- 320 millions de radiographies dentaires sont faites chaque année;
- Il existe 10 000 caméras gamma en service dans le monde entier servant à toute une série de pratiques médicales;
- 22 millions d'applications *in vivo* (médecine nucléaire) sont pratiquées chaque année;
- En radiothérapie, plus de 4 millions de patients sont traités chaque année;
- Plus de 60 pays ont organisé des programmes médicaux prévoyant l'emploi de techniques nucléaires.

Il s'ensuit que l'exposition des populations due à l'usage des rayonnements ionisants pour le diagnostic et la thérapie augmente dans le monde entier. Cette tendance s'explique en grande partie pour des raisons cliniques, notamment dans les pays en développement, où les services médicaux ne sont pas encore suffisamment développés. En l'an 2000, la dose collective à la population mondiale due à des irradiations médicales aura probablement augmenté de 50% et elle aura sans doute plus que doublé en 2025, selon le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR).

Depuis une vingtaine d'années, le radiotraitement gagne du terrain à raison de 10 à 15% par an si l'on en juge d'après le nombre et la puissance nominale totale des sources d'irradiation en service. Plus de 135 irradiateurs gamma industriels et quelque

M. Skornik est membre de la Division de la sûreté nucléaire de l'AIEA.

400 machines à faisceaux d'électrons sont utilisés dans 42 pays. Parmi les produits radiotraités, citons les denrées alimentaires, les articles pour les hôpitaux et la médecine, les articles en matière synthétique et en caoutchouc, et les fils et câbles. La valeur totale de ces produits est estimée à deux milliards de dollars par an.

Dans l'industrie, les applications des rayonnements ionisants se sont généralisées. Citons les techniques de radiomarquage pour la mesure des débits fluides ou la détection des fuites, par exemple. La radiographie gamma, qui est une des méthodes non destructives d'essai de matériaux, est aussi très utilisée pour la détection des défauts de moulage, et des défauts de soudage de tuyaux et de cuves, ainsi que pour optimiser les méthodes de coulée avant la production en masse. Les radio-isotopes servent couramment au sondage de puits dans les industries du pétrole et du gaz, à la prospection des ressources naturelles et aux études géophysiques. Divers instruments de mesure industriels et nombre de produits de consommation comportent des sources de rayonnements ou impliquent leur utilisation.

En agriculture, plus de 1000 variétés de végétaux obtenues par mutation radio-induite sont cultivées dans le monde sur des millions d'hectares et procurent des revenus qui se chiffrent en milliards de dollars, selon les estimations. En outre, les rayonnements sont utilisés pour lutter contre les insectes ravageurs des récoltes et vecteurs des maladies du bétail.

Les témoins des avantages les plus évidents des rayonnements ionisants sont peut-être les 430 centrales nucléaires actuellement en service dans le monde, qui produisent ensemble plus de 16% de l'électricité consommée dans le monde. Viendront s'y ajouter 55 réacteurs actuellement en construction pour répondre à la demande d'énergie électrique fiable. L'expérience d'exploitation accumulée dans le monde entier dépassait 6500 ans de réacteur à la fin

de 1993. A cette date, on comptait aussi 301 réacteurs de recherche en service dans 59 pays à l'appui de travaux d'analyse dans maints domaines scientifiques ou produisant des radio-isotopes pour la médecine, l'industrie et l'agriculture. Parmi eux, 51 réacteurs dans 18 pays servent à la formation.

Cet emploi généralisé des rayonnements ionisants donne la mesure des besoins d'éducation et de formation sur le plan international dans les domaines de la radioprotection et de la sûreté nucléaire. Ces programmes d'enseignement doivent donc porter sur les pratiques qui, dans un nombre croissant d'installations, laboratoires et autres lieux de travail, font appel aux rayonnements ionisants, aux sources de rayonnement ou aux techniques nucléaires.

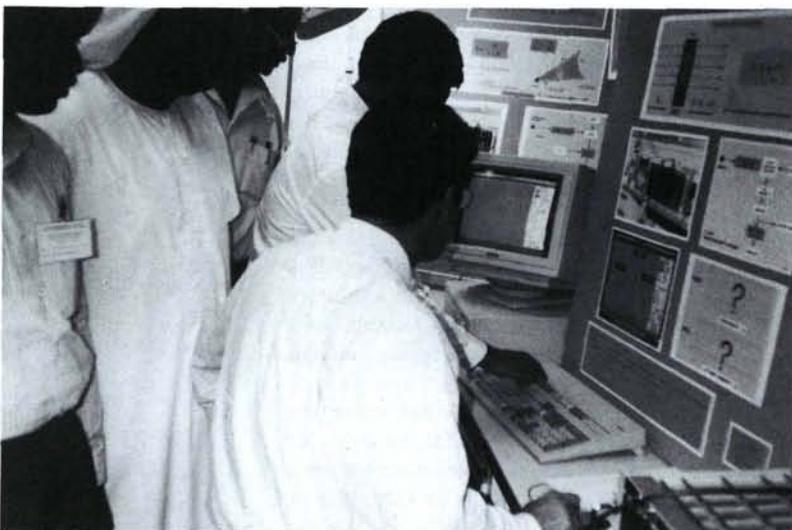
Problèmes d'infrastructures. Il existe un vaste ensemble de normes de sûreté tant radiologiques que nucléaires, dont des normes internationales. Cela ne suffit cependant pas à garantir la sûreté des pratiques. Il faut encore que les pays disposent de l'infrastructure nécessaire à l'application de ces normes afin d'atteindre et de maintenir le niveau souhaité de protection. L'infrastructure s'entend essentiellement des principaux éléments ci-après:

- une législation et une réglementation contenant des prescriptions juridiques, techniques et administratives;
- un système de mise en œuvre de la législation, par l'intermédiaire d'une réglementation prévoyant notifications, inscriptions, homologations, inspections et conseils sur la manière de se conformer aux prescriptions;
- des ressources humaines, des connaissances techniques à tous les niveaux depuis les activités exigeant de hautes qualifications pour la direction, la recherche et les réalisations jusqu'aux domaines spécialisés d'application et à l'appui technique de routine pour les opérations et les services;
- une base technique apte à fournir divers services de sûreté tels que le contrôle radiologique (dosimétrie du personnel, étalonnage des instruments, surveillance radiologique de l'environnement), l'entretien du matériel et des composants, et les moyens d'intervention en cas d'urgence;
- des ressources nécessaires à l'organisation et à la mise en œuvre de programmes nationaux de sûreté radiologique.

L'importance d'une infrastructure nationale doit être proportionnelle au degré et au volume d'activités techniques dans le domaine nucléaire qui exigent des mesures de sûreté, qu'il s'agisse de la production d'électricité d'origine nucléaire ou d'autres applications des rayonnements ionisants.

Les Etats Membres de l'AIEA diffèrent quant à leur engagement dans les technologies nucléaires et les infrastructures de sûreté associées, ainsi qu'à leurs besoins et leurs moyens d'éduquer et de former convenablement un personnel national. Les directives de l'Agence dans ce domaine tiennent compte de ces différences. Les programmes sont ajustés aux divers groupes de pays. On accorde plus d'import-

Spécialistes suivant un stage de radioprotection de l'AIEA.



tance à certains aspects particuliers de la radioprotection et de la sûreté nucléaire qui correspondent aux besoins de ces pays et aux priorités de leurs programmes nationaux de mise en valeur des ressources humaines. Dans ce contexte, un programme national d'enseignement et de formation apparaît comme un élément essentiel du système adopté par un pays pour instruire les cadres professionnels, les techniciens et le grand public des avantages et des risques que comporte l'emploi des rayonnements ionisants.

Analyse des besoins

La radioprotection et la sûreté nucléaire sont avant tout l'affaire des divers pays. Tous ceux qui utilisent les rayonnements ionisants ou ont décidé de s'équiper en nucléaire ont prévu un enseignement et une formation dans ces domaines. Pour nombre de pays en développement, il est toujours difficile néanmoins d'organiser ou de mettre en œuvre de tels programmes, à cause de contraintes budgétaires, de pénuries d'enseignants qualifiés et autres insuffisances d'infrastructure. Aussi ont-ils compris les avantages que présentent à cet égard la coopération et l'harmonisation au niveau international.

Lors de son analyse des besoins de ses Etats Membres, l'AIEA a exploité les connaissances et l'expérience qu'elle a acquises grâce à son programme de coopération technique (en l'occurrence, plus spécialement les services en matière de sûreté et les projets interrégionaux, régionaux et nationaux) et à ses activités courantes telles que conférences, colloques, séminaires et autres réunions techniques. Les services de l'AIEA concernant tant la radioprotection que la sûreté nucléaire sont les suivants: les équipes consultatives pour la radioprotection (RAPAT), les équipes d'examen de la sûreté d'exploitation (OSART), les équipes d'évaluation des événements significatifs pour la sûreté (ASSET), les équipes internationales d'examen réglementaire (IRRRT), l'évaluation intégrée de la sûreté des réacteurs de recherche (INSARR) et les services d'examen de la sûreté au stade des études (ESRS).

Radioprotection. L'étude des conclusions des équipes RAPAT fait apparaître toute l'importance d'un renforcement de la coopération internationale dans le domaine de la radioprotection. Il est clair que les *mécanismes de contrôle de la sûreté radiologique* sont aujourd'hui insuffisants dans plus de la moitié des Etats Membres de l'AIEA. La plupart des pays manquent tout simplement de l'infrastructure nécessaire pour appliquer une politique de sûreté fondée sur les recommandations internationales. Dans certains pays, les installations de radioprotection ne sont pas satisfaisantes; dans d'autres, diverses institutions se disputent les attributions; dans d'autres encore, dont les Membres relativement récents de l'AIEA, il n'existe pas encore d'autorité nationale

compétente. Trop souvent, la législation de base et la réglementation d'appui sont inexistantes.

Plusieurs accidents radiologiques en dehors du secteur nucléo-électrique ont bien fait comprendre l'importance des mécanismes de contrôle de la sûreté. Par exemple, l'examen auquel une équipe internationale de l'AIEA a procédé à San Salvador à la suite d'un grave accident radiologique survenu dans une installation industrielle d'irradiation, en 1989, a révélé que l'accident aurait pu être évité s'il y avait eu un système convenable de radioprotection. Même dans les pays où il existe une réglementation appropriée, il y a souvent pénurie de nationaux suffisamment éduqués et formés pour être capables d'organiser des systèmes opérationnels de sûreté radiologique, y compris l'homologation, les inspections et les services d'appui technique.

En 1991, la Commission internationale de protection radiologique a publié une révision de ses recommandations (CIPR 60), qui est le fondement de la révision des Normes fondamentales de sûreté pour la radioprotection. Ces normes internationales seront publiées en 1994 conjointement par l'AIEA, l'Organisation internationale du Travail (OIT), l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE), l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Organisation panaméricaine de la santé (OPS) et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Une assistance sous diverses formes devra être fournie à de nombreux pays en développement. Il faudra les aider à incorporer les normes internationales dans leurs règlements nationaux de radioprotection, à instituer des autorités chargées de surveiller l'application de ces règlements et à améliorer la performance de ces autorités. L'assistance de l'AIEA comportant l'emploi de matières radioactives et autres sources de rayonnements devra nécessairement prévoir aussi un enseignement et une formation en radioprotection à l'intention des équipes professionnelles.

On continuera par ailleurs de s'occuper tout spécialement de l'amélioration de la sûreté radiologique aux lieux de travail sous rayonnements car, là encore, la formation fait gravement défaut. Chaque catégorie de travailleurs a des besoins particuliers qui dépendent de ses activités. Les travailleurs exposés, ou qui risquent de l'être, peuvent être groupés par catégories — l'industrie nucléaire et le transport des matières radioactives, les hôpitaux et autres établissements médicaux (centres de radiothérapie, de radiodiagnostic, de médecine nucléaire), les usines et les opérations utilisant des rayonnements, les universités et les établissements de recherche, les organismes et les groupes d'intervention (services médicaux, protection civile, police locale, par exemple).

Dans l'industrie, la formation doit être accessible au plus grand nombre de travailleurs et fondée sur un compromis judicieux entre le niveau des connaissances nécessaires à l'accomplissement des

tâches et la compétence nécessaire en matière de radioprotection.

En ce qui concerne l'enseignement et la recherche médicale, une formation doit être donnée au groupe de spécialistes qui, tout en ayant de solides connaissances scientifiques, sont relativement ignorants en matière de radioprotection. De par le monde, il faudrait en particulier activer la formation de spécialistes de la sûreté radiologique (radioprotectionnistes) et de personnel médical, y compris les médecins, pour les services de radiothérapie, de radiodiagnostic et de médecine nucléaire. Il faut également prévoir pour ces travailleurs des cours de perfectionnement réguliers afin de les tenir au courant de l'évolution des normes de sûreté radiologique. Il ne faut pas davantage négliger le personnel infirmier, car il a une forte influence sur la perception des risques radiologiques par le public.

La formation en radioprotection des membres des équipes d'intervention doit être considérée comme faisant partie du dispositif national prévu pour les cas d'accidents nucléaires et d'urgence radiologique. Cette formation à tous les niveaux est toujours nécessaire dans nombre de pays de toutes les régions. La formation et le perfectionnement en matière de radioprotection concernent donc un large éventail de personnel à divers niveaux de connaissances. L'harmonisation recherchée doit donc se faire d'abord à l'échelon des décideurs, des enseignants et des spécialistes pour être étendue ensuite à tous les travailleurs professionnellement exposés.

On constate que l'enseignement général néglige le plus souvent les questions de radioprotection et de sûreté radiologique et que, dans la plupart des pays, ces sujets sont rarement abordés au niveau secondaire. La formation dans ce domaine manque souvent du fondement nécessaire et le programme, s'il en existe, varie considérablement d'un pays à l'autre. Pour nombre de pays, former en nombre suffisant des enseignants et des moniteurs locaux instruits en sûreté radiologique et aptes à transmettre leur savoir demeure illusoire.

Sûreté nucléaire. L'étude des besoins d'enseignement et de formation en sûreté nucléaire exige un classement détaillé des divers pays. Le programme de l'AIEA vise spécialement trois groupes: a) les pays en développement ou en voie de restructuration qui exécutent des programmes de construction/exploitation de centrales nucléaires ou de réacteurs de recherche; b) les pays qui considèrent l'option nucléaire comme un moyen de répondre à la demande croissante d'électricité et exécutent des programmes de réacteurs de recherche/formation; c) les pays dépourvus de programmes nucléo-énergétiques où l'exploitation de réacteurs de recherche/formation est le seul usage qu'ils font d'une technologie qui appelle des mesures de sûreté nucléaire.

Il existe dans le monde entier un besoin évident d'enseignement général en sûreté nucléaire, y compris la sûreté des réacteurs futurs, parallèlement

à la radioprotection. Un choix de thèmes généraux et de groupes de personnel a été défini par les équipes de sûreté de l'AIEA comme prioritaire, thèmes parmi lesquels figurent l'étude, l'organisation et la gestion de programmes de formation pour les différents groupes.

Les difficultés qu'il y a à maintenir les normes de sûreté à des niveaux cohérents sont assez évidentes. Les forces économiques, les traditions industrielles, le cadre juridique et les politiques commerciales sont tous très variables. Les organismes de réglementation doivent assurer le respect des normes nationales à leur façon, et ces normes jouent leur rôle dans la formation d'une bonne culture nationale de sûreté. Les directives de l'AIEA sont incorporées dans les Normes de sûreté nucléaire (NUSS), série de documents contenant des recommandations sur l'homologation, l'organisation et les questions techniques relatives à la sûreté des réacteurs de puissance et de recherche. Les pays peuvent s'en servir à l'appui de leurs activités et elles sont à la base de l'assistance de l'Agence en matière de sûreté. La formation de responsables nationaux de la réglementation continuera de jouer un rôle important dans ce processus.

La formation est également nécessaire au relèvement des niveaux de sûreté des centrales nucléaires, et aussi des réacteurs de recherche dans une certaine mesure, qui ont été construits selon des normes de sûreté anciennes, ainsi que des installations qui connaissent des difficultés dues au vieillissement.

En particulier, les réacteurs VVER-440/230 en service dans les pays de l'ex-Union soviétique et en Europe centrale et orientale ont posé quelques problèmes. La question du vieillissement des installations nucléaires se pose d'ailleurs dans le monde entier et l'AIEA a constaté une demande croissante de programmes de formation, car on a compris que, s'ils connaissent les processus physiques fondamentaux qui peuvent survenir dans une centrale nucléaire ou dans un réacteur de recherche vieillissant, les opérateurs sont mieux aptes à faire face aux transitoires de l'installation et autres événements. En outre, à mesure que la compréhension des phénomènes du vieillissement amène à modifier les modes d'exploitation, le personnel des installations doit être formé aux nouvelles procédures.

Directives et programmes de l'AIEA

Les objectifs du programme d'enseignement et de formation de l'AIEA en radioprotection et sûreté nucléaire sont les suivants:

- assurer l'autonomie des pays en matière de programmes d'enseignement et de formation;
- renforcer le dispositif national de radioprotection et de sûreté nucléaire;
- répondre aux besoins urgents des pays qui demandent une assistance.

Le programme vise surtout la planification à court et à moyen terme afin d'assurer le niveau le

plus élevé possible d'enseignement et de formation, et pour éviter les embûches d'une approche individualisée. Les directives fondamentales en matière de planification comportent deux éléments distincts: la concentration qui suppose la collaboration avec les Etats Membres pour l'organisation des cours assistés par l'AIEA sur des sujets judicieusement choisis en fonction des besoins les plus évidents, et la normalisation des efforts qui doit résulter des mesures prises par l'AIEA pour préparer des programmes uniformes d'enseignement général et de formation spécialisée.

Le programme de l'Agence propose diverses modalités et procédures.

Enseignement. Les cours supérieurs sont prévus pour les jeunes cadres diplômés du secondaire occupant déjà, ou prévus pour, des postes en radioprotection ou en sûreté nucléaire. Le groupe visé est celui des jeunes professionnels qui ont besoin d'une solide formation dans ces domaines pour devenir un jour des formateurs dans leur pays. En plus des cours déjà donnés en espagnol (radioprotection et sûreté nucléaire), des cours en anglais et en français (radioprotection) et peut-être aussi en russe (radioprotection et sûreté nucléaire) seront organisés à l'échelon interrégional ou régional dans des centres de formation choisis. Les cours de radioprotection suivront un programme normalisé préparé par l'AIEA qui sera distribué aux Etats Membres afin de faciliter l'inclusion du sujet dans les programmes de leurs principaux établissements d'enseignement.

Formation spécialisée. Des cours sont offerts à ceux qui souhaitent se spécialiser dans des domaines déterminés de la radioprotection et de la sûreté nucléaire. Un cours dure généralement de trois à huit semaines et permet aux participants de mettre à jour et d'améliorer leurs connaissances et leurs compétences théoriques et pratiques.

Les cours interrégionaux sont adaptés aux besoins communs des Etats Membres de plus d'une région et exigent des moyens et des compétences que l'on ne trouve généralement pas au niveau de la formation pratique. Ils ont pour objet essentiel de former des gens destinés à occuper des postes importants de direction ou d'exploitation impliquant aussi la formation du personnel. Dans cette optique de «formation de formateurs», l'AIEA continuera d'encourager les pays à désigner des candidats qui, une fois formés, seront disposés et aptes à collaborer aux programmes nationaux de formation de personnel, dans leurs pays respectifs. Sont également offerts des stages régionaux couvrant un large éventail de sujets, organisés dans nombre d'établissements hôtes des Etats Membres, ainsi que des cours nationaux que les pays organisent dans le cadre de leurs propres programmes de mise en valeur des ressources humaines, souvent en liaison avec des projets de coopération technique de l'AIEA.

Ateliers de formation. Une formation intensive de plus courte durée (une à deux semaines) est assurée par des ateliers conçus pour améliorer les compé-

tences de personnes travaillant dans les deux domaines principaux qui nous intéressent. Ces ateliers visent toujours la formation pratique et l'enrichissement de l'expérience directe. Ils comprennent généralement des travaux en laboratoire, sur ordinateur, ou à l'extérieur. A part les services d'experts, le matériel d'enseignement et les trousseaux de démonstration, l'AIEA fournit du matériel ou des instruments de laboratoire pour améliorer les moyens de formation nationaux.

Autres procédures. Des bourses de perfectionnement sont prévues essentiellement pour proposer une formation en cours d'emploi à des individus de pays en développement. L'AIEA s'efforce de choisir des candidats qui, à l'issue de leur stage, pourront à leur tour collaborer aux programmes nationaux de mise en valeur des ressources humaines. De même, des voyages scientifiques sont organisés pour des cadres qui peuvent être appelés à renforcer les infrastructures de radioprotection et de sûreté nucléaire dans leurs pays.

Le programme pour 1994-1998 prévoit aussi une série de séminaires régionaux visant à promouvoir l'enseignement et la formation en radioprotection et en sûreté nucléaire. Ces réunions donnent opportunément l'occasion à des groupes de spécialistes choisis ayant des intérêts communs et travaillant dans des domaines analogues (éducateurs, radioprotectionnistes, spécialistes de la sûreté des réacteurs) d'échanger des renseignements et des idées et de discuter d'enseignement. Elles favorisent aussi les rencontres permettant à l'AIEA d'étudier une nouvelle activité ou un nouveau service qui requiert la participation active des Etats Membres, tel le système de l'AIEA pour les interventions d'urgence.

Toutes ces activités sont soutenues par une abondante documentation essentiellement composée des publications de l'AIEA relatives à la sûreté (normes, guides, manuels de formation et de sûreté radiologique) et autres documents d'information spécialement conçus pour l'enseignement et la formation.

Comblant les lacunes

S'il est vrai que les difficultés sont partout dans les pays en développement, les pays avancés ont eux aussi besoin de spécialistes capables de combler de graves lacunes qui nuisent à la compréhension et à la communication dans les domaines de la radioprotection et de la sûreté nucléaire.

Dans une perspective internationale, le problème peut se résoudre plus facilement par une approche intégrée de l'enseignement, de l'harmonisation de la teneur des cours et de l'aide à la formation de formateurs. Il faudrait aussi en priorité améliorer la diffusion de l'expérience et des connaissances déjà acquises et mieux coordonner les circuits d'appui. Grâce aux programmes qu'elle prévoit pour les prochaines années, l'AIEA aidera activement ses pays Membres à redresser la situation.

Le radon dans l'environnement humain: en faire l'inventaire

Plus de 50 pays participent à un programme de recherche AIEA/CCE sur le radon qui s'achèvera dans le courant de l'année

par Jasimuddin
U. Ahmed

Vers la fin des années 70, le radon et ses produits de filiation n'étaient considérés comme un risque pour la santé que lors de l'extraction et du broyage des minerais d'uranium. On a brutalement viré de bord lorsqu'on a connu les résultats des mesures du radon dans les habitations en de nombreux points du globe. On a relevé de fortes concentrations dans les locaux d'habitation, par exemple, dans des pays des régions tempérées où de sévères mesures d'économies d'énergie ont amené les habitants à calfeutrer soigneusement portes et fenêtres, en particulier pendant la saison froide. On a également détecté du radon dans de nombreuses mines souterraines autres que d'uranium ou dans des locaux de travail souterrains insuffisamment ventilés.

C'est pourquoi l'exposition au radon et le risque pathogène associé retiennent l'attention. Le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) estime que le radon présent dans l'environnement est responsable de 53% environ de l'exposition de l'être humain au fond naturel de rayonnement. Dans les mines souterraines, principalement d'uranium, on a constaté un excès de cas de cancer du poumon aux Etats-Unis (Colorado), en République tchèque et au Canada (Ontario), et de même parmi les mineurs de fond des exploitations de fluorine et de minerai de fer de Suède. Les milieux scientifiques sont aujourd'hui d'accord sur le lien qui existe entre l'incidence excessive du cancer du poumon parmi les mineurs de fond et leur exposition au radon et à ses descendants.

En revanche, on connaît moins bien les effets pathogènes potentiels de l'exposition au radon dans les habitations. La relation entre le cancer du poumon des mineurs et le radon n'est pas valable pour déterminer le risque potentiel encouru par le public, parce que le niveau d'exposition dans les locaux

habités est bien moindre que dans les mines. Certains pensent que l'incidence excessive du cancer du poumon parmi les mineurs d'uranium des premiers temps s'explique par les effets synergiques du tabagisme, des poussières de minerai, des émanations toxiques, etc., et de la très forte exposition au radon. Les données concernant les mineurs n'en sont cependant pas sans utilité pourvu que l'on tienne compte des différences entre les deux groupes considérés.

Vers la fin des années 80, l'AIEA et la Commission des Communautés européennes ont lancé un programme de recherche coordonnée sur le radon dans l'environnement humain. Actuellement, plus de 50 pays participent activement à ce programme, preuve du grand intérêt que suscite la question. Ce programme s'achèvera cette année. Je présenterai dans cet article les principaux résultats des enquêtes faites dans certains pays et donnerai un aperçu de la coopération internationale prévue pour continuer la recherche dans ce domaine.

Origine du radon

C'est le sol qui est la principale source de radon 222, produit de filiation du radium 226 qui appartient à la famille radioactive de l'uranium 238. Le thoron (radon 220) provient, par désintégration alpha, du radon 224 qui appartient à la famille radioactive du thorium 232. Le radon et le thoron sont des gaz nobles qui se dégagent du sol dans l'atmosphère soit par diffusion moléculaire, soit par convection. La distribution du radon dans l'air dépend des conditions météorologiques. Les produits de filiation du radon et du thoron sont des isotopes de métaux lourds qui peuvent aisément se fixer sur les particules des aérosols atmosphériques. Ils se désintègrent par émission alpha ou bêta/gamma. Les aérosols porteurs de descendants du radon et du thoron peuvent se déposer à sec ou sous l'effet de la pluie et autres précipitations.

M. Ahmed est un ancien cadre de la Division de la sûreté nucléaire de l'AIEA. Pour tout complément d'information, s'adresser à l'auteur.

La période du radon est de 3,8 jours tandis que celle du thoron est extrêmement courte, 55 secondes seulement. Les produits de filiation se partagent entre courte et longue période. Ceux de courte période constituent la fraction la plus importante de la concentration de radioactivité au niveau du sol parmi tous les contaminants radioactifs de l'atmosphère naturels ou artificiels (voir le tableau).

Les matériaux de construction tels que le granite, le tuf italien et les bétons légers de schiste alunifère ont parfois des teneurs assez élevées en radon 226 qui peuvent être à l'origine d'émanations de radon dans l'air des locaux. L'air extérieur peut aussi contribuer dans une large mesure à introduire le radon dans les immeubles à travers les portes et les fenêtres ouvertes, par ventilation forcée et par infiltration, et aussi par l'intermédiaire des fissures dans les murs. En outre, le radon présent dans l'eau et dans le gaz naturel à usage domestique peut se retrouver en partie dans l'air du local.

Le radon dans les habitations: quelques études

La présence de radon dans les locaux habités a provoqué une vague d'intérêt qui a déferlé au cours des dix dernières années sur presque tous les pays d'Europe et d'Amérique du Nord et sur nombre de pays d'Europe orientale. Des enquêtes à l'échelle nationale ont été entreprises pour déterminer les niveaux de contamination dans les habitations et évaluer les risques de cancer du poumon qui en résultent. De nombreux pays des zones tempérées, dont la Chine et le Japon, ont mis en œuvre de vastes programmes de détection du radon dans les habitations et sur les lieux de travail. Dans les régions tropicales, on note un intérêt certain et des programmes de plus ou moins grande envergure ont été entrepris.

Les publications scientifiques semblent aussi accorder beaucoup d'attention à la question. Sur les 110 mémoires présentés au Colloque international sur le rayonnement naturel dans l'environnement, réuni à Lisbonne en 1987, plus de 70 ne traitaient que la question du radon. De même au colloque suivant sur la même question qui s'est réuni à Salzbourg en 1991, environ 70% des 163 mémoires traitaient les problèmes du radon.

En outre, rappelons que quelque 55 pays participent au programme de recherche coordonnée AIEA/CCE sur le radon. Il n'est pas possible de rendre compte des résultats des enquêtes menées dans tous ces pays, mais plusieurs d'entre elles sont particulièrement intéressantes.

Etats-Unis. Une étude faite à la fin des années 80 par l'Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis et signalée par le Service de santé publique des Etats-Unis indiquait que le problème du radon dans les habitations était aux Etats-Unis plus grave et plus général qu'on ne l'avait soupçonné.

	Radionucléides	Période	Concentration d'activité (millibecquerel par mètre cube)
Naturels	Tritium	12,3 ans	≈ 20
	Carbone 14	5736 ans	≈ 40
	Béryllium 7	53,6 jours	1-7
	Descendants du radon*	164 μs-26,8 minutes	1000-5000
	Plomb 210	22,3 ans	0,2-1,0
	Polonium 210	138,4 jours	0,03-0,3
	Plomb 212	10,6 heures	20-1000
Artificiels	Bismuth 212	60,6 minutes	10-700
	Iode 131	8,04 jours	< 0,0001 (4000**)
	Césium 137	30,1 ans	0,0005-0,005 (4000**)
	Ruthénium 106	386,2 jours	0,0001-0,002 (2000**)

* Les produits de filiation du radon sont le polonium 218, le plomb 214, le bismuth 214 et le polonium 214.

** Valeurs les plus élevées à Göttingen (Allemagne), les 2 et 3 mai 1986 à la suite de l'accident nucléaire de Tchernobyl.

Source: J. Porstendorfer, *Properties and Behaviour of Radon and Thoron and Their Decay Products in the Air*, Compte rendu de la réunion préparatoire du Cinquième colloque international sur le rayonnement naturel dans l'environnement, publié par la Commission des Communautés européennes, Bureau de Luxembourg, 1993, ISBN-92-826-5604-7.

Selon les estimations de ce service, les quelque 5000 cas par an de cancer du poumon parmi des non-fumeurs seraient dus exclusivement à l'exposition au radon dans des locaux; par ailleurs, l'exposition au radon ne serait pas étrangère aux 15 000 cas mortels de cancers du poumon par an (parmi les fumeurs). Des estimations ultérieures donnent des chiffres encore plus élevés. Les statistiques montrent que le radon dans les habitations fait probablement dix fois plus de victimes parmi les humains que la pollution atmosphérique, précise le Service de la santé publique des Etats-Unis. L'Agence de protection de l'environnement a recommandé une nouvelle enquête portant sur un plus grand nombre de logements, proposition appuyée par le US Surgeon General (inspecteur de la santé publique), l'American Medical Association et l'American Lung Association, et autres organisations du domaine de la santé.

Une série d'enquêtes nationales sur le radon dans les résidences, menées par l'Agence de la protection de l'environnement entre 1989 et 1991, donnaient une estimation de la distribution des concentrations moyennes annuelles de radon dans des logements occupés de 50 Etats. Les réponses à un questionnaire de 22 pages ont montré que la moyenne arithmétique de la concentration annuelle de radon était de 46 plus ou moins 2 becquerels par m³ et que, dans six millions de logements, elle dépassait le seuil d'intervention de 150 becquerels par m³. Une autre étude regroupait les résultats de diverses sources accessibles telles que l'Agence pour la protection de l'environnement, l'Université de Pittsburgh et d'autres

Concentrations de radionucléides naturels et artificiels dans l'air

Le Programme international de métrologie du radon

Un réseau de référence, d'appui technique et de laboratoires régionaux de coordination a été créé pour veiller à la comparabilité des mesures du radon faite par divers établissements dans le monde. Il s'agit du Programme international de métrologie du radon (PIMR) dont l'AIEA et la Commission des Communautés européennes sont les coordonnateurs, et pour lequel l'Université de Salzbourg fait fonction de secrétariat. Les attributions des laboratoires sont les suivantes:

- Les laboratoires de référence donnent des avis sur les aspects scientifiques de la métrologie du radon (radon 222), thoron (radon 220) et de leurs produits de filiation, notamment en ce qui concerne l'étalonnage en laboratoire et en campagne des instruments de mesure, le prélèvement des échantillons, les modalités d'enquête et les méthodes d'analyse. Des laboratoires de référence ont été désignés pour trois régions: Europe — le Conseil national de protection radiologique du Royaume-Uni; Amérique du Nord — le Département de l'intérieur, Direction des mines, et le Laboratoire de mesures environnementales; Asie et Pacifique — le laboratoire australien de radiologie.

- Les laboratoires d'appui technique fournissent des chambres d'exposition étalonnées qui servent à comparer les mesures du radon 222, du thoron et de leurs produits de filiation, dans des conditions de laboratoire précises. Trois laboratoires d'appui technique ont été désignés, à savoir deux antennes de l'Agence de protection de l'environ-

nement, à Montgomery et Las Vegas (Etats-Unis), pour le radon 222, et CANMET à Elliot Lake (Canada), pour le thoron.

- Les laboratoires régionaux de coordination qui apporteront un appui logistique pour la conduite des activités régionales concernant les programmes d'assurance de la qualité relatifs au radon 222, au thoron et à leurs produits de filiation. Des laboratoires de cette catégorie ont été désignés pour cinq régions, à savoir l'Institut de radioprotection du Brésil, pour l'Amérique du Sud; le Laboratoire australien de radiologie, pour l'Asie et le Pacifique; la Commission de l'énergie atomique du Ghana, pour l'Afrique; l'Institut d'épidémiologie de la République tchèque, pour l'Europe et le Moyen-Orient; et l'Institut des mines d'uranium de Hengyang, Chine, pour l'Asie.

Les opérations se déroulent comme suit: les utilisateurs qui ont besoin de faire étalonner leurs détecteurs passifs les envoient à leurs laboratoires nationaux. Ceux-ci peuvent exécuter l'étalonnage des détecteurs ou les envoyer au laboratoire régional de coordination qui les fera étalonner par le laboratoire d'appui technique, lequel effectuera régulièrement des exercices d'étalonnage et des comparaisons de ces techniques de mesure avec les laboratoires de référence. A tous les niveaux, les laboratoires peuvent étalonner leurs instruments à l'aide de sources de radon fournies par les laboratoires nationaux d'étalonnage tels que l'Institut national de sciences et de technologies des Etats-Unis et le Laboratoire national de physique du Royaume-Uni.

organismes de divers Etats; elle a permis de recueillir des résultats de mesures dans des habitations de 1730 comtés, soit plus de la moitié de tous les comtés du pays, représentant environ 90% de la population des Etats-Unis.

Bernard Cohen a étudié les incidences sur la santé de l'exposition au radon dans les locaux, aux faibles niveaux observés. Son étude a surpris en montrant que la théorie linéaire sans seuil de la carcinogénèse radio-induite surestimait beaucoup le danger des faibles niveaux de rayonnement. L'analyse, communiquée en 1992, concluait aussi que, même dans l'hypothèse où cette théorie est valable, les appréhensions du public en ce qui concerne les faibles niveaux de rayonnement sont grossièrement exagérées.

Royaume-Uni. D'après une estimation faite par le Conseil national de protection radiologique en 1989 sur l'incidence du cancer du poumon dû à l'exposition au radon dans les habitations, ce nucléide pourrait être responsable de 2500 cancers du poumon ou plus, sur un total de 4100 par an.

L'exposition au radon dans des locaux représente la moitié de l'exposition moyenne de la population du Royaume-Uni à des rayonnements ionisants.

Des mesures ont été faites jusqu'en été 1991 dans 58 000 logements en vue d'études épidémiologiques ultérieures et de l'application de mesures correctrices et préventives. Le Gouvernement reconnaît désormais que cette forme d'exposition au radon implique un risque pour la santé. Des concentrations de radon supérieures au niveau d'intervention de 200 becquerels par m³ ont été détectées jusqu'ici dans 10% environ des habitations du Royaume-Uni. C'est un bon début, mais à peu près 90% des résidences éventuellement atteintes doivent encore être examinés.

Chine. Une enquête épidémiologique a débuté en 1972 dans des secteurs aux alentours de Yangjiang où le fond naturel de rayonnement est élevé. L'étude a porté sur une zone où les niveaux de rayonnement naturel sont trois fois plus élevés que dans une zone témoin voisine. Environ 80 000 habitants dans chaque zone, dont les familles étaient établies depuis

deux générations ou plus, ont été examinés. La moyenne annuelle de la dose efficace équivalente dans la zone choisie était de 5,4 mSv contre 2 mSv dans la zone témoin, provenant d'une exposition combinée à un rayonnement gamma externe et au radon et ses descendants. Les carcinogènes et mutagènes du milieu ambiant autres que le rayonnement naturel, ainsi que les facteurs individuels du sujet, ont été étudiés. L'enquête a porté sur un million d'années-personne d'observation visant à déterminer la mortalité par le cancer dans les deux zones.

Les résultats n'indiquent aucune augmentation de la mortalité dans la zone à forte concentration de radon comparée à la zone témoin. En fait, c'est le contraire que l'on a constaté. L'incidence des maladies héréditaires et des défauts congénitaux était analogue dans les deux cas. La fréquence des aberrations chromosomiques dans les lymphocytes en circulation était plus élevée dans la zone à haute concentration que dans la zone témoin.

Niveaux d'intervention nationaux et internationaux

Au cours des années, les gouvernements et les organismes internationaux ont fixé des «niveaux d'intervention» pour l'exposition au radon. Selon la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), leur objet est de déclencher l'intervention afin de pouvoir décider quand il y a lieu d'exiger ou de conseiller une action correctrice dans les habitations en cause. Le choix de la valeur à retenir est complexe, car il dépend non seulement du niveau d'exposition, mais aussi du degré d'intervention à prévoir, lequel a des incidences économiques pour la collectivité et pour l'individu. Le niveau d'intervention le plus judicieux est peut-être celui qui implique un nombre significatif, et non impraticable, de résidences nécessitant une action correctrice. Il est donc peu probable qu'un même niveau d'intervention convienne à tous les pays.

De fait, les niveaux d'intervention qui ont été décidés semblent différer les uns des autres. De même, la limite supérieure de concentration du radon dans les immeubles à construire diffère selon les pays (voir le tableau).

Dans la version révisée actuelle de ses Normes fondamentales de sûreté, l'AIEA recommande comme niveau d'intervention 200 becquerels de radon 222 par m³ dans les habitations et 1000 becquerels par m³ aux lieux de travail.

Programme de l'AIEA sur le radon

Répondant aux préoccupations de ses Etats Membres, l'AIEA a décidé dans les années 80 de faire évaluer les expositions au radon dans les habitations et sur les lieux de travail. Il s'agissait de déterminer le genre de recommandations à faire pour

	Niveau d'intervention (Bq par m ³)	Limite supérieure (Bq par m ³)	Entrée en vigueur
Allemagne	250	250	1988
Australie	200	Non encore fixée	
Canada	800	Non encore fixée	1989
Chine	200	100	
Etats-Unis	150	Comme à l'extérieur	1988
Ex-RSFT	200	100	1991
Ex-URSS	200	100	1990
Irlande	200	200	1991
Luxembourg	250	250	1988
Norvège	200	< 60-70	1990
Royaume-Uni	200	200	1990
Suède	200	70	1990
CCE	400	200	1988
CIPR	200-600		1993
Pays nordiques	400	100	1986
OMS	100	100	1985

CCE = Commission des Communautés européennes; CIPR = Commission internationale de protection radiologique; Pays nordiques = Suède, Finlande, Norvège et Danemark; OMS = Organisation mondiale de la santé.

mettre en œuvre les mesures de contrôle nécessaires. En 1988, un projet de recherche coordonné (PRC) sur le radon dans l'environnement humain a été étudié en collaboration avec la CCE et mis en œuvre vers la fin de 1989. Le programme a suscité quelque 140 propositions de 55 pays, ce qui témoigne d'un réel enthousiasme.

Après avoir étudié ces propositions, l'AIEA a conclu 14 contrats de recherche et 37 accords de recherche, représentant un total de 51 projets. De son côté, la CCE a passé 25 contrats de recherche avec ses Etats Membres.

Par la suite, l'ancien programme international de comparaison et d'étalonnage interlaboratoires, qui était mené par quelques laboratoires spécialisés dans le radon, a été incorporé au projet de recherche coordonné à titre gratuit pour l'AIEA. Le projet a acquis de ce fait une nouvelle dimension grâce aux possibilités qu'il offrait à de nombreux pays en développement en leur permettant de prendre part aux opérations de comparaison et d'étalonnage, pratiquement sans frais, et d'accéder à toutes les données. Ce programme s'appelle maintenant le Programme international de métrologie du radon (voir l'encadré) et continue de faire partie du projet de recherche coordonné. Ce dernier va bon train et un nombre d'opérations sont maintenant terminées et d'autres sont en voie d'achèvement. Les résultats seront communiqués à la dernière réunion de coordination de la recherche prévue pour l'automne de 1994. Par la suite, vu le vif intérêt que cette question continue de susciter, le programme de recherche coordonné de l'AIEA se concentrera probablement sur la réduction des expositions au radon.

Valeurs retenues pour les niveaux d'intervention et les limites supérieures de concentration du radon dans les habitations

Etude radioécologique de la mer Noire: nouvelles de Roumanie

Des océanographes sont engagés en Roumanie dans une série d'opérations nationales et internationales de surveillance du milieu marin

par Alexandru Bologa

Grand bassin pratiquement fermé, sans marées et baignant les rivages de six pays, la mer Noire est vue comme un «*unicum hydrobiologicum*» à cause de ses particularités physiques, chimiques et biologiques. Contrairement aux autres mers, elle souffre en permanence d'un manque d'oxygène, ou d'anoxie, au-delà de 150 à 200 mètres de profondeur.

Les niveaux de radioactivité ont fait l'objet d'études systématiques par les Etats riverains et diverses organisations y ont participé à plusieurs croisières océanographiques internationales. Après l'accident de Tchernobyl de 1986, une étude radioécologique de la mer Noire a suscité un intérêt croissant en Roumanie ainsi que dans un certain nombre d'autres pays. L'étude comportait des analyses de la radioactivité de composés abiotiques et biotiques, et des expériences sur la biocinétique des radionucléides dans le milieu marin.

En Roumanie, ces travaux revêtent une importance particulière. La nécessité de mesurer les niveaux de radioactivité s'explique surtout par la persistance des retombées, la présence du Danube et les perspectives de la production d'électricité d'origine nucléaire. Le Danube est le principal collecteur de déchets radioactifs provenant de ses sept pays riverains, avant de déboucher dans la mer Noire; ce grand fleuve, qui compte pour 80% de l'apport total d'eau douce à la mer, peut lui aussi contribuer à la radiocontamination de l'écosystème marin. L'exploitation de l'énergie nucléaire dans l'avenir, lorsque la construction de la centrale de Cernavoda (Roumanie) sera achevée, constituera — malgré toutes les assurances — une autre source possible de déchets radioactifs ayant un impact sur l'environnement.

Cet article présente l'essentiel des travaux de recherche de la Roumanie sur le milieu marin de la

mer Noire, avec un aperçu de la participation du pays à des projets régionaux et internationaux dans ce domaine.

Activités nationales de recherche

L'étude de la radioactivité de certains composants de l'environnement de la zone roumaine de la mer Noire a été faite sporadiquement par divers laboratoires depuis 1962. A partir de 1978, l'Institut roumain de recherche marine s'est mis à l'étude systématique de la radioactivité grâce à un réseau de stations permanentes situées dans le delta du Danube, limite méridionale du littoral roumain, et à l'occasion en haute mer jusqu'à 90 milles marins de la côte. Avant 1983, la campagne était menée avec l'aide du Laboratoire de radiobiologie de l'Hôpital Fundeni, puis en étroite collaboration avec le Laboratoire de recherche sur la radioactivité ambiante attaché à l'Institut de météorologie et d'hydrologie. Le programme de contrôle radiobiologique a permis d'acquiescer une base de données bien fournie portant sur plus de dix années.

Cette surveillance a plusieurs raisons d'être. Elle vise notamment à préciser les niveaux de radioactivité du milieu marin à titre de référence avant la mise en service de la centrale nucléaire. Elle a également pour objet le choix de bio-indicateurs en vue d'étudier la contamination radioactive de l'écosystème marin et de déterminer expérimentalement les quantités de radionucléides critiques éventuellement accumulées dans les organismes et systèmes biologiques marins pouvant avoir, directement ou indirectement, une influence sur l'environnement et la santé de l'être humain.

La tâche principale consiste à compléter la base de données sur la radioactivité marine. Ces données serviront à étudier systématiquement les coefficients de distribution des sédiments marins et des eaux ainsi que les facteurs de concentration chez les espèces

M. Bologa est biologiste et directeur scientifique adjoint de l'Institut roumain de recherche marine, B-dul Mamaia, n° 300, Constantza 3, Roumanie RO-8700.

locales concernées. On procède également à des évaluations des doses individuelles et collectives tant internes qu'externes dues à la radioactivité de la mer et résultant de l'immersion ou de la consommation alimentaire.

Des échantillons de sédiments, d'eau de mer et de biote (macrophytes, mollusques, poissons benthiques et pélagiques) ont été régulièrement prélevés à intervalles de 1 mois, 3 mois et 6 mois. Les paramètres physico-chimiques de tous les échantillons d'eau de mer — température, salinité, pH et teneur en O₂ — ont également été mesurés. Les résultats ont permis à l'équipe de chercheurs de déterminer la radioactivité à l'état brut, la radioactivité gamma des sédiments, de l'eau et des biotes, les coefficients de distribution de certains radionucléides entre l'eau et les sédiments, et les facteurs de concentration dans les organismes marins.

On a constaté chez certaines algues des facteurs significatifs de concentration des radionucléides des familles de l'uranium-radium et du thorium. On a également constaté des concentrations de produits de fission (provenant d'anciens essais nucléaires dans l'atmosphère et de la contamination de l'environnement consécutive à l'accident de Tchernobyl) dans différents composants biologiques et autres du milieu marin.

Le césium 134 et le césium 137 ont fait l'objet d'une attention spéciale car ce sont des nucléides importants pour lesquels les organisations internationales ont fixé des teneurs maximales permises dans les produits alimentaires, à la suite de l'accident de Tchernobyl de 1986. C'est pourquoi les études roumaines se sont spécialement attachées au calcul des concentrations de césium 137 dans les sédiments et dans l'eau de la zone pré-danubienne de la mer.

Les facteurs de concentration de césium 137 dans l'environnement de divers organismes de la mer Noire ont également été évalués. Dans la zone roumaine, les teneurs maximales de césium dans l'eau et dans les poissons ont été relevées en 1987, dans les macrophytes et mollusques en 1988 et dans les sédiments en 1990 et 1991.

Les rapports isotopiques césium 137/césium 134 dans les sédiments et dans l'eau ont montré que l'accident de Tchernobyl a été une source de contamination radioactive le long du littoral roumain. En outre, la teneur en radionucléides émetteurs gamma artificiels dans cette zone a diminué de façon continue dans tous les composants (sédiments, eau de mer, biotes) par rapport à 1986. Cette diminution était plus progressive en 1990-1991 que l'année précédente. La décroissance relativement lente des teneurs des sédiments en césium 137 par rapport aux teneurs de l'eau ont confirmé l'aptitude des sédiments à concentrer les radionucléides.

A partir de 1987 et pendant les années suivantes, les plus fortes teneurs en césium 134 et 137 des organismes marins comestibles (poissons, mollusques) de ce secteur sont demeurées inférieures aux teneurs maximales autorisées dans les denrées alimentaires

par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

L'analyse des données que l'on ne cesse de collecter sur la radioactivité gamma dans la zone roumaine donne à penser qu'il faut continuer de surveiller les radionucléides critiques dans la mer Noire. Cela permettra de mieux comprendre les cycles biochimiques des radionucléides et leur importance radiologique pour la santé de l'être humain.

Les facteurs de concentration du fer 54, du cobalt 60, du zinc 65, du strontium 85 et 89, de l'iode 131 et du césium 134 ont été déterminés expérimentalement chez les biotes de l'écosystème du littoral roumain. Ces organismes se sont révélés des bio-indicateurs potentiels de la pollution marine par un ou plusieurs radionucléides: *Enteromorpha linza* pour le fer 59 et le zinc 65, *Cystoseira barbata* pour le strontium 89 et l'iode 131, *Mytilus galloprovincialis* et *Mya arenaria* pour le fer 59 et le zinc 65. Les trois bivalves se caractérisent par de faibles facteurs de concentration de la contamination par le cobalt 60.

Participation internationale

Bien que la situation qui régnait en Roumanie fût extrêmement défavorable au maintien de relations internationales, en particulier au cours des dix dernières années, l'Institut roumain de recherche marine s'est maintenu étroitement en rapport avec l'AIEA dans le domaine de l'océanographie. Entre 1987 et 1992, l'Institut s'est occupé, dans le cadre d'un contrat de recherche avec l'AIEA, de mesurer la radioactivité d'échantillons d'eau, de sédiments et de biotes prélevés dans la zone roumaine de la mer Noire, en utilisant la spectrométrie gamma. Ce contrat a permis de communiquer, sur le plan international, les concentrations d'un certain nombre de radionucléides naturels et artificiels dans des matières abiotiques (sédiments, eau) et biotiques (algues, mollusques et poissons) prélevées dans le bassin occidental de la mer Noire. Tous les échantillons recueillis ont révélé que le césium 137 et, dans la

Teneurs en césium 137 d'échantillons prélevés dans la zone roumaine de la mer Noire

	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Sédiment émergé	18,9	11,5	15,5	13,3	21,5	10,7
Sédiment submergé	247,0	25,2	—	55,0	24,2	—
Eau	0,13	0,10	0,09	0,07	0,08	0,06
Macrophytes	4,6	7,1	5,2	3,4	1,9	1,4
Mollusques	3,2	3,3	2,8	1,3	1,5	1,2
Poissons	11,0	4,3	5,1	4,0	3,9	3,5

Note: Les concentrations dans les sédiments sont exprimées en becquerels par kg de matière sèche; pour l'eau de mer, en becquerels par litre; pour les macrophytes, mollusques et poissons, en becquerels par kg de matière fraîche.

plupart d'entre eux, le césium 134 avaient persisté de 1987 à 1992. Il a notamment été possible de suivre l'évolution dans le temps des concentrations de césium 137 (voir le tableau).

Les résultats de certains travaux ont permis en outre à la Roumanie de participer à un programme de recherche coordonné du Laboratoire d'étude du milieu marin de l'AIEA, à Monaco.

Le programme porte essentiellement sur les sources de radioactivité du milieu marin et leurs contributions relatives à la dose globale. Les résultats des mesures des concentrations annuelles de radionucléides émetteurs gamma dans l'eau de mer et dans les biotes marins comestibles ont été exploités par ce programme pour évaluer les doses collectives et individuelles externes et internes résultant de l'immersion et de la consommation du poisson de la mer Noire. Des doses externes totales ne dépassant pas 2,5 mSv par an (à l'organisme entier) et 93,6 mSv par an (à la peau) ont été reçues par immersion (pendant 100 heures) en 1986. En 1987 et 1988, les valeurs correspondantes étaient inférieures d'un ordre de grandeur. Les doses internes ont été évaluées par des méthodes directes et indirectes; elles étaient toutes inférieures aux limites recommandées par l'AIEA.

La Roumanie participe aussi à plusieurs programmes régionaux et internationaux, en particulier à l'inventaire global de la radioactivité de la mer Méditerranée et aux travaux de la Commission internationale pour l'exploration scientifique de la Méditerranée qui ont débuté en 1988 et comportent une étude de la mer Noire. En outre, la Roumanie collabore au programme coopératif d'océanographie pour la mer Noire qui s'est constitué en organisation non gouvernementale en 1991. Comme tous les pays riverains exécutent des programmes nationaux de quelque envergure, l'une des principales tâches de cette organisation est de coordonner les travaux quand il le faut, afin de mieux exploiter les ressources limitées et d'uniformiser les méthodes de recherche. Dans cette perspective régionale, l'organisation sera en mesure d'organiser plus rationnellement le contrôle radiologique, avec la participation de tous les pays riverains et sans se soucier des frontières maritimes.

Au titre de ce programme, des scientifiques roumains de l'Institut de recherche marine ont participé à une croisière d'étude en août 1992 à bord du navire *Professeur Vodyanitsky*. Cette croisière dans le bassin nord-ouest de la mer Noire était organisée par l'Institut de biologie des mers du sud de Sébastopol (Ukraine) et par l'Institut océanographique Woods Hole et l'Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis. Elle avait pour principale mission l'étude océanographique et radioécologique de la zone au large des deltas du Dniepr et du Danube. L'équipe a étudié l'écoulement de ces deux fleuves, la migration verticale des radionucléides et l'accumulation des radionucléides de longues périodes (principalement le strontium 90 et le césium 137)

dans les sédiments et les biotes. Les exercices d'étalonnage interlaboratoires ont fait l'objet d'un soin particulier en vue de la mesure de ces radionucléides dans les échantillons de sédiments et d'eau. Le programme bénéficie aussi d'une aide et d'une formation technique.

Les méthodes de marquage en mer Noire

L'Institut roumain collabore aussi avec le Laboratoire de Monaco de l'AIEA à un programme de recherche sur les applications des indicateurs à l'étude des processus et de la pollution dans la mer Noire. Ce travail vise à améliorer la connaissance générale des courants et des divers processus physiques, chimiques et biologiques qui influent sur le transport et la destination des contaminants. Il vise aussi à déterminer comment on peut utiliser la mesure des isotopes du milieu pour analyser les sources, les tendances et l'impact de la pollution de l'environnement de cette mer.

Les techniques nucléaires sont sans égal pour étudier la circulation des masses d'eau, renseigner sur la dynamique du transport et mesurer l'évolution écologique. Une série de radio-indicateurs ayant des périodes, des réactivités chimiques et des fonctions source différentes sont utilisés à cette fin. Divers types de traceurs chimiques seront dosés dans la mesure où l'on disposera des instruments et des compétences nécessaires. A titre d'exemple, citons comme traceurs chimiques utilisables dans la mer Noire les radionucléides issus de l'accident de Tchernobyl, les radionucléides naturels de la famille radioactive de l'uranium et du thorium, les isotopes stables du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, les analogues chimiques des éléments transuraniens (par exemple les terres rares) et autres indicateurs chimiques nouveaux. Les données recueillies fourniront un schéma temporel pour l'évaluation, la modélisation et la prédiction de l'impact de la pollution dans la mer Noire. On disposera ainsi d'une base pour améliorer la gestion de l'environnement régional.

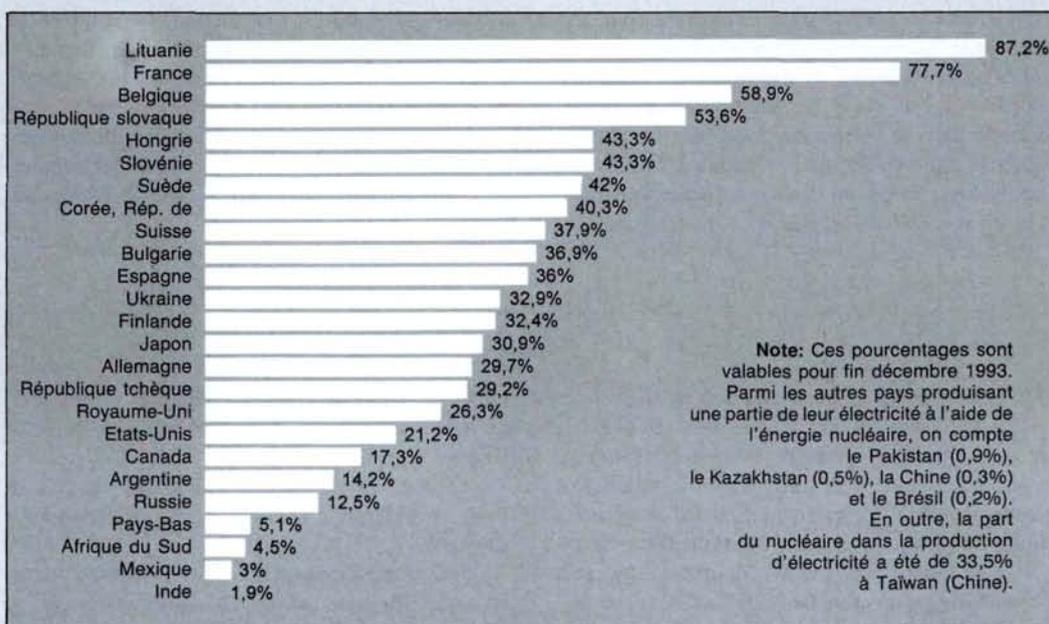
Ces résultats pourront également être exploités par le programme international envisagé pour la gestion et la protection de l'environnement de la mer Noire et placé sous l'égide du Fonds mondial pour l'environnement créé par le Programme des Nations Unies pour l'environnement, le Programme des Nations Unies pour le développement et la Banque mondiale au cours d'un colloque réuni à Constantza (Roumanie) en 1992. Le but est d'assister les travaux d'analyse et autres activités dans le cadre de la gestion intégrale de la zone côtière intéressant directement la conservation de la nature, la protection de la santé publique, l'agriculture, la pêche et le tourisme.

Pour la Roumanie et les autres pays riverains de la région, le projet sera un important apport à l'étude océanographique de la mer Noire.

Situation de l'énergie nucléaire dans le monde

	En service		En construction	
	Nombre de tranches	Total MWe	Nombre de tranches	Total MWe
Afrique du Sud	2	1 842		
Allemagne	21	22 559		
Argentine	2	935	1	692
Belgique	7	5 527		
Bésil	1	626	1	1 245
Bulgarie	6	3 538		
Canada	22	15 755		
Chine	2	1 194	1	906
Corée, Rép. de	9	7 220	7	5 770
Cuba			2	816
Espagne	9	7 101		
Etats-Unis d'Amérique	109	98 784	2	2 330
Fédération de Russie	29	19 843	4	3 375
Finlande	4	2 310		
France	57	59 033	4	5 815
Hongrie	4	1 729		
Inde	9	1 593	5	1 010
Iran			2	2 392
Japon		38 029	6	5 645
Kazakhstan	1	70		
Lituanie	2	2 370		
Mexique	1	654	1	654
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	3 155
Royaume-Uni	35	11 909	1	1 188
Slovénie	1	632		
Suède	12	10 002		
Suisse	5	2 985		
Ukraine	15	12 679	6	5 700
TOTAL*	430	337 718	55	44 369

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



Conseil des gouverneurs de l'AIEA

L'accord de garanties conclu par l'AIEA avec la République populaire démocratique de Corée (RPDC) était un des points de l'ordre du jour du Conseil des gouverneurs de l'AIEA réuni à Vienne en juin dernier. Parmi les autres questions inscrites figuraient l'application des garanties de l'AIEA en 1993, les mesures propres à renforcer l'efficacité et le rendement du système des garanties; les activités d'assistance et de coopération techniques de l'AIEA, le projet de Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements, l'évolution de la sûreté nucléaire et de la radioprotection dans le monde, les problèmes de gestion des déchets radioactifs sur le plan international, l'emploi de l'hydrologie isotopique pour la gestion des eaux souterraines, et diverses questions concernant la trente-huitième session ordinaire de la Conférence générale de l'AIEA qui se réunira à Vienne du 19 au 23 septembre 1994. Le Conseil

était également saisi du rapport de son comité des questions administratives et budgétaires, réuni à la mi-mai, sur l'exécution du programme et budget de l'Agence.

Au sujet des garanties concernant la RPDC, le Directeur général de l'AIEA, M. Hans Blix, a informé le Conseil de sécurité de l'ONU et le Conseil des gouverneurs de l'Agence, le 20 mai dernier, de l'évolution de la situation dans ce domaine. Vers la mi-mai, une mission de l'AIEA s'est rendue dans le pays pour inspecter l'usine de retraitement dont l'inspection n'avait pu avoir lieu lors de la précédente mission du 1er au 15 mars 1994. A la fin du mois, une équipe de fonctionnaires supérieurs des garanties s'est également rendue en RPDC pour discuter des moyens à utiliser pour appliquer les mesures de contrôle requises à la centrale nucléaire expérimentale de 5 mégawatts. (Voir l'article à ce sujet, page 48.)

Convention internationale sur la sûreté nucléaire

Des délégués nationaux se sont réunis à Vienne du 14 au 17 juin à l'occasion d'une conférence diplomatique en vue de l'adoption d'une convention internationale sur la sûreté nucléaire. Le projet de convention, rédigé par un groupe d'experts réuni à plusieurs reprises depuis 1991, concerne les centrales nucléaires civiles terrestres. En fixant des normes internationales auxquelles les Etats sont invités à souscrire, la Convention marque une étape importante vers l'obtention d'un degré maximal de sûreté dans les 430 centrales nucléaires actuellement en service dans le monde. (Voir les statistiques dans le présent bulletin.)

Les objectifs de la Convention sont les suivants: atteindre et maintenir un haut degré de sûreté nucléaire dans le monde entier par des mesures à l'échelon national et une coopération internationale; réaliser et entretenir une protection efficace dans les installations nucléaires contre les risques

radiologiques afin de protéger les personnes, la société et l'environnement des effets nocifs des rayonnements ionisants émanant de ces installations; éviter les accidents ayant des conséquences radiologiques et atténuer leurs effets le cas échéant.

Les obligations que devront assumer les parties contractantes découlent de principes fondamentaux de sûreté nucléaire acceptés par consensus international. Ces principes régissent notamment le choix du site, la conception, la construction, l'exploitation, la fourniture des ressources financières et humaines nécessaires, l'évaluation et le contrôle de la sûreté, l'assurance de la qualité et le dispositif d'intervention. Les parties contractantes s'engageront également à présenter des rapports sur la mise en œuvre de ces principes en vue de leur examen par des «confrères» lors de réunions périodiques des parties contractantes qui seront organisées au Siège de l'AIEA.

La surveillance à long terme en Iraq

Des entretiens de haut niveau ont eu lieu entre l'AIEA et l'Iraq, les 9 et 10 mai 1994, à Vienne, sur l'exécution des plans de l'AIEA relatifs à la surveillance et aux vérifications en cours en Iraq. A cette occasion, M. Tariq Aziz, premier ministre adjoint de l'Iraq, a rencontré M. Hans Blix, directeur général de l'AIEA, et M. Maurizio Zifferero, chef du Groupe d'action de l'AIEA. Ces conversations s'inscrivaient dans une procédure engagée en

juillet 1993 lors de la visite à Bagdad du Président exécutif de la Commission spéciale des Nations Unies.

A l'issue de ces entretiens, les deux camps ont fait une déclaration commune précisant les points suivants:

«Les dispositions prises jusqu'à présent pour appliquer progressivement les nombreux éléments du plan de surveillance et de vérification continues

de l'AIEA ont été revues. Au cours des derniers mois, l'Iraq a amplement coopéré avec l'AIEA et les deux parties sont convenues que la mise en œuvre progressive de ces éléments avait été, de ce fait, grandement facilitée. Ils se sont déclarés convaincus que cette coopération facilitera de même la mise en œuvre des éléments restants selon le calendrier fixé lors des entretiens de mars dernier.

«Les deux parties ont souligné qu'il importait d'établir au Moyen-Orient une zone exempte d'armes de destruction massive comme il est prévu au paragraphe 14 de la résolution 687 (1991) du Conseil de sécurité. Le Directeur général a déclaré que l'AIEA faisait tout son possible pour informer les Etats qui négocieraient un tel accord

des compétences de l'Agence en matière de vérification et des modalités qui pourraient être appliquées.

Il a également été question de la situation de la coopération technique dans le domaine des applications médicales et agricoles des radio-isotopes et des rayonnements, et l'AIEA s'est engagée à réévaluer le degré de coopération technique qui conviendrait dans le contexte des résolutions pertinentes du Conseil de sécurité.

«Certaines questions en suspens ont également donné lieu à des discussions sur des points précis, en vue de leur solution. Le côté iraquien a réaffirmé son intention d'aider l'AIEA en cette matière.»

Un programme de recherche assisté par le Laboratoire d'étude du milieu marin (LEMM) de l'AIEA à Monaco s'est vu attribuer le prix scientifique Philip Morris 1994 en biogéochimie. Ce programme, baptisé DYFAMED, porte essentiellement sur l'étude du cycle biogéochimique du carbone et des éléments associés, dans la mer Méditerranée. Le prix Philip Morris est attribué chaque année au titre de projets de recherche sur des applications intéressant la vie quotidienne.

Les travaux, commencés en 1986, s'inscrivent dans la contribution de la France à une vaste campagne océanographique mondiale visant l'étude des flux océaniques. Le Laboratoire de Monaco a participé à ce programme en mesurant de façon continue les flux verticaux de particules et de carbone dans les eaux du bassin nord-ouest de la Méditerranée et en étudiant le rôle des organismes marins dans le transport du carbone. Il a également contribué à l'évaluation des flux de radionucléides

naturels et d'origine anthropique et a communiqué, en 1986, les résultats des premières mesures de la radioactivité dans la Méditerranée après l'accident de Tchernobyl.

La connaissance du cycle du carbone est inséparable de celle de la biosphère. Le dioxyde de carbone représente entre 50 et 60% des gaz à effet de serre qui absorbent l'énergie solaire et chauffent l'atmosphère de la planète. Les océans sont un réceptacle potentiel du dioxyde de carbone d'origine anthropique et peuvent donc jouer un rôle important dans la modulation du climat mondial. Le programme DYFAMED vise en particulier à déterminer si les variations observées dans l'environnement (augmentation de la teneur de l'atmosphère en dioxyde de carbone) peuvent être contrôlées par les modifications de la production primaire des océans (ladite «pompe biologique»). Le prix a été décerné lors d'une cérémonie qui s'est déroulée à Paris, le 16 mai.

**Le LEMM,
lauréat
d'un prix
scientifique**

Une équipe scientifique du Laboratoire d'étude du milieu marin de Monaco se prépare à étudier de volumineux échantillons d'eau prélevés dans la mer, au large de la République de Corée et du Japon, là où des déchets radioactifs ont été immergés par l'ex-Union soviétique et par la Fédération de Russie. Cette opération fait suite à la récente expédition océanographique qui visait à mesurer les niveaux de radioactivité dans ces eaux internationales. Cette mission, qui eut lieu entre le 18 mars et le 16 avril dernier, réunissait des scientifiques venant de la Fédération de Russie, du Japon, de la République de Corée et du Laboratoire de l'AIEA de Monaco. Des échantillons d'eau de mer, de sédiments et de biotes ont été prélevés et

des analyses spectrométriques préliminaires ont été faites à bord du navire «Okean» qui transportait la mission.

Les comparaisons faites pendant cette opération entre les techniques utilisées par les participants ont donné des résultats satisfaisants. Les concentrations de césium 137, un des plus importants nucléides présents dans l'eau de mer et les sédiments, se sont révélées très faibles et analogues au fond de rayonnement dû aux retombées mondiales mesurées dans le nord-ouest du Pacifique. Les résultats des mesures faites à bord ne sont néanmoins que préliminaires. L'analyse détaillée des échantillons d'eau, de sédiments, de zooplancton et de benthos sera faite en laboratoire en Fédération de Russie, au

**Visite de sites
d'immersion
de déchets**

Japon, en République de Corée et à l'AIEA, et les résultats seront échangés, évalués et publiés au cours de l'an prochain. Trois tonnes, environ, d'échantillons d'eau sont en route vers le LEMM.

De nouvelles missions mixtes sont prévues pour d'autres zones marines où l'on sait que des opérations d'immersion ont eu lieu.

Energie et écologie

Prenant la parole le 13 avril à la Conférence annuelle du Forum des industries atomiques du Japon, à Hiroshima, M. Hans Blix, directeur général de l'AIEA, a déclaré que la réalité, dans le secteur énergétique, semble s'éloigner de la rhétorique. Il a fait observer que, bien que les gouvernements du monde se soient fixé comme objectif, à la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, de stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre à des niveaux qui ne représentent aucun danger pour notre climat, même les plus optimistes prévisions des besoins énergétiques dans le monde jusqu'en 2020 font apparaître un usage croissant des combustibles fossiles et donc une augmentation des émissions de dioxyde de carbone. En ayant recours aujourd'hui aux combustibles fossiles pour plus des trois quarts de nos besoins énergétiques, nous compromettons, a-t-il dit, l'équilibre écologique de la planète.

M. Blix a noté que l'énergie nucléaire doit avant tout concurrencer les autres sources d'énergie par ses avantages en matière d'économie, de sûreté et

de fiabilité. Son expansion rapide en Asie de l'Est, quoique plus lente mais continue dans d'autres pays comme la France, montre que la concurrence sur ce terrain est possible. Il a précisé, toutefois, qu'il est impératif aujourd'hui, lorsque l'on compare les différentes sources d'énergie, de tenir compte aussi de leurs impacts sur la santé et l'environnement. Cette nécessité devrait susciter un regain d'intérêt pour le nucléaire. De fait, l'évolution du climat mondial actuellement prévue par suite des émissions excessives de gaz dits à effet de serre, notamment du CO₂ et du méthane, semblerait indiquer qu'il est vital de relancer rapidement le nucléaire. Aussi est-il surprenant que, parmi tant de gouvernements, autorités internationales et groupes non gouvernementaux qui étudient la question de l'échauffement de la planète, quelques-uns seulement aient insisté sur ce point. On peut se procurer le texte du discours du Directeur général en s'adressant à la Division de l'information de l'AIEA.

La sûreté nucléaire à Tchernobyl

Des experts internationaux réunis au Siège de l'AIEA en avril ont dit que la situation de la sûreté dans la centrale nucléaire de Tchernobyl était complexe et difficile à résoudre vu son contexte énergétique et économique. Des représentants de l'Ukraine et d'une douzaine d'autres pays assistaient à cette réunion pour étudier les mesures à prendre en vue d'améliorer la situation. La réunion a été organisée à l'issue d'une mission d'experts de l'AIEA de mars 1994 qui avait constaté que la sûreté était très déficiente dans cette centrale dont deux unités demeurent opérationnelles tandis que la casemate qui renferme le réacteur détruit par l'accident de 1986 (l'unité 4) se détériore. A la suite de cette mission, le Directeur général de l'AIEA a informé le Président de l'Ukraine que le site de Tchernobyl n'était pas conforme aux normes internationales de sûreté.

En ouvrant la séance, M. Blix a rappelé aux participants que les Etats étaient responsables de la sûreté des installations nucléaires en service sur leur territoire. Selon lui, il est néanmoins légitime que la communauté internationale se préoccupe de la sûreté des installations nucléaires où qu'elles se trouvent. Les problèmes techniques de sûreté, et

leur solution, devraient être étudiés compte tenu des composantes de la situation actuelle, telles les circonstances qui entourent les problèmes énergétiques et économiques de l'Ukraine. Le Vice-Premier Ministre ukrainien, M. Valery Shmarov, et le Président du Comité d'Etat pour le secteur nucléo-énergétique, M. M.P. Umanets, ont parlé des problèmes de l'énergie et des conditions économiques, ainsi que de la situation actuelle à Tchernobyl en matière de sûreté. La Banque européenne pour la reconstruction et le développement a également exprimé son avis et la réunion a été informée des résultats de la mission de sûreté de l'AIEA.

Les officiels ukrainiens ont exposé plusieurs problèmes: la consommation d'énergie a beaucoup diminué récemment du fait de la dépression économique temporaire mais devrait se relever très sensiblement lorsque la situation économique s'améliorera; en revanche, la consommation d'énergie par habitant est anormalement élevée mais, pour la réduire, il faudrait réformer complètement l'infrastructure, ce qui demanderait des décennies; le pays dépend déjà fortement de sources extérieures de gaz et de pétrole qui sont onéreuses et peu fiables; l'extraction du charbon devient

plus difficile et, pour encourager son usage, il faudrait de toute manière adopter des techniques de combustion modernes et très coûteuses. L'Ukraine doit compter sur l'énergie nucléaire comme principale source permanente répondant à ses besoins d'énergie. A leur avis, la centrale de Tchernobyl pourrait être amenée à un niveau de sûreté analogue à celui des autres réacteurs du même type actuellement en service (RBMK). Le rattrapage de la sûreté à Tchernobyl est en retard sur les améliorations apportées aux autres réacteurs RBMK, mais le travail pourrait aller plus vite si les ressources étaient suffisantes. Or, à ce jour, aucune aide financière n'a été fournie par la communauté internationale.

Les participants ont été d'accord pour reconnaître que de nombreux facteurs compliquaient la situation à Tchernobyl et qu'il n'y avait pas de

solution magique. Certains ont suggéré de continuer l'évaluation technique, éventuellement dans le cadre des activités de l'AIEA. Une nette majorité a préconisé de suspendre l'exploitation de Tchernobyl dès que les circonstances le permettraient. M. Morris Rosen, sous-directeur général chargé de la sûreté nucléaire (AIEA), a dit pour conclure que la situation à Tchernobyl était grave et sans précédent. La perte de nombreux agents hautement qualifiés et l'étendue des améliorations nécessaires signifient que la centrale de Tchernobyl continuera, pendant plusieurs années encore, à fonctionner à des niveaux de sûreté inférieurs à ceux des autres centrales du même type. En outre, le sarcophage qui renferme le réacteur sinistré se détériore, de sorte que les autres unités continueront de fonctionner dans un environnement fortement radioactif, a-t-il ajouté.

L'AIEA et l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE) viennent de publier leur étude biennale conjointe sur les ressources mondiales, la production et la demande d'uranium, communément dénommée le Livre rouge. On peut y lire que la principale caractéristique de l'offre et de la demande d'uranium en 1991-1992 est la sursaturation du marché avec un hiatus très net entre la production récente d'uranium et la consommation. Les évaluations sont faites à partir de statistiques officielles, de cartes minières, d'analyses d'experts et des prévisions de l'offre et de la demande d'uranium dans plus de 50 pays, y compris les renseignements nouveaux communiqués par le Kazakhstan, la Lituanie, la Mongolie, l'Ouzbékistan, la République slovaque, la République tchèque, la Russie, la Slovénie, et l'Ukraine.

L'étude précise que la demande d'uranium à court terme est assez facile à prévoir, tandis que du côté de l'offre les incertitudes sont dues principa-

lement aux sources d'approvisionnement et aux quantités d'uranium militaire qui seraient éventuellement mises sur le marché. La pression continue sur les prix, l'expiration de contrats au prix fort à long terme et l'accès à de nouvelles sources se maintiendront probablement jusque vers le milieu de la décennie, limitant à court terme les possibilités de récupération du marché. A plus longue échéance, on estime généralement que la consommation des réacteurs et la production de l'uranium se rapprocheront de l'équilibre lorsque les stocks auront été ramenés au niveau souhaité. Au début du siècle prochain, les trois facteurs qui influenceront probablement le plus sur l'équilibre de l'offre et de la demande seront les commandes de nouvelles centrales, l'érosion du parc nucléaire actuel et certaines nouveautés technologiques. Pour plus de renseignements, s'adresser à l'AEN/OCDE, La Seine St-Germain, 12 boulevard des Iles, 92130 Issy-les-Moulineaux, France.

Offre et demande d'uranium

Des représentants de 14 équipes scientifiques des 13 pays qui participent à un nouveau projet de recherche de l'AIEA ont récemment étudié le rôle essentiel que les méthodes isotopiques pourraient jouer dans le décodage des indices de l'évolution du climat mondial dans le passé. Ce projet, qui relève d'un programme de recherche coordonnée, vise essentiellement l'application des techniques isotopiques et nucléaires en paléoclimatologie, plus particulièrement pour la reconstitution des variations climatiques qui se sont produites sur les continents au cours des derniers millénaires.

La première réunion au titre de ce projet a eu lieu à l'AIEA du 19 au 22 avril dernier. En plus des membres des équipes scientifiques participantes étaient présents des observateurs d'Allemagne, du Canada, d'Espagne, d'Israël, de Pologne, de Russie et de Suisse. M. Hans Oeschger, directeur du projet PAGES (Evolution du climat mondial dans le passé) du Programme international concernant la géosphère et la biosphère, a pris la parole pour souligner la contribution scientifique que l'AIEA pourrait apporter à ce projet par l'intermédiaire de son Département de la recherche et des

Les isotopes et l'étude du climat mondial

isotopes. L'AIEA possède en effet une grande expérience des applications des méthodes isotopiques. En ce qui concerne l'étude de l'évolution du climat, par exemple, il est possible de reconstituer avec une très grande précision les conditions climatiques et environnementales qui ont prévalu dans le passé grâce à l'analyse isotopique des eaux anciennes, des sédiments lacustres, des carbonates

des eaux douces, des matières organiques anciennes, des glaciers continentaux, du pergélisol, et autres témoins continentaux du passé. Ces études, estime-t-on, sont la condition préalable de toute prévision valable de l'échauffement futur de l'atmosphère planétaire dû aux émissions de gaz à effet de serre.

Application des garanties au Japon

En réponse aux médias qui ont publié une nouvelle incorrecte au sujet de l'application des garanties au Japon, l'AIEA a publié le communiqué suivant le 25 mai 1994:

«Selon des informations erronées qui ont été publiées récemment, il y aurait, dans l'usine de fabrication de combustible nucléaire de Tokai (Japon), une quantité non négligeable de matières nucléaires dont il n'aurait pas été rendu compte. L'usine de fabrication de combustible nucléaire de Tokai est une installation fortement automatisée possédant le système de comptabilisation de matières nucléaires le plus perfectionné qui existe. Ce système renseigne l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), en temps proche du temps réel, sur les mouvements et les quantités de matières nucléaires. En outre, comme dans le cas de l'ensemble des installations nucléaires soumises aux garanties de l'AIEA, toutes les matières nucléaires sont mesurées et vérifiées à l'entrée comme à la sortie de l'installation.

«Depuis la mise en service de l'usine, il y a cinq ans, des matières se sont accumulées, sous forme de poussières, sur les surfaces exposées de plusieurs zones des boîtes à gants dans lesquelles

sont traitées les matières nucléaires. Afin de limiter le plus possible la radioexposition de son personnel d'entretien, l'exploitant a choisi jusqu'à présent de laisser en place les matières qui se sont déposées et qui constituent ce que l'on appelle les «matières retenues». L'AIEA a toujours eu connaissance de la présence de ces matières, qui ont été déclarées en totalité par l'exploitant comme matières retenues et que l'AIEA mesure tous les mois à l'aide d'un système spécial d'analyse pour boîtes à gants. Soucieuse d'améliorer la qualité des mesures effectuées, l'AIEA a précédemment appelé l'attention de l'exploitant sur la nécessité de procéder au nettoyage des boîtes à gants et de collecter les matières déposées. A cet égard, l'exploitant japonais a proposé un calendrier de récupération de ces matières, que les autorités japonaises et l'AIEA sont en train d'examiner.

«Il ressort clairement de ce qui précède que les matières nucléaires déposées dans les boîtes à gants de l'usine de fabrication de combustible nucléaire de Tokai ne sont pas manquantes, qu'elles restent entièrement soumises aux garanties et qu'elles ont été déclarées.»

Prochaines réunions organisées par l'AIEA

Voici quelques-unes des réunions internationales qui seront prochainement organisées par l'AIEA:

Les isotopes en hydrologie. Deux réunions scientifiques sur ce sujet auront lieu à l'AIEA en août: le Séminaire interrégional sur les techniques isotopiques appliquées à l'hydrologie des régions arides et semi-arides, du 15 au 19 août; ensuite, du 22 au 26 août, l'Agence accueille le Colloque international sur l'application des traceurs à l'hydrologie de la zone aride, organisé par le Comité international des traceurs de l'Association internationale pour les sciences hydrologiques. Ce colloque s'occupera des techniques et des options d'application des indicateurs naturels et artificiels à l'étude de l'hydrologie des régions arides et donnera l'occasion d'examiner les résultats des expériences

à l'aide de traceurs visant à recueillir des données pour la modélisation de systèmes hydrologiques.

Conférence sur l'option nucléo-énergétique. Cette conférence traitera principalement des politiques et programmes d'énergie nucléaire en prévision de la reprise probable de la demande d'électricité d'origine nucléaire. On s'attend que la demande mondiale d'électricité augmente à long terme en fonction de la croissance démographique et de l'industrialisation. Selon les conditions locales, de nouvelles centrales, nucléaires ou à combustibles fossiles, seront probablement mises en chantier. Pour sa part, l'industrie nucléaire doit être prête à répondre à la demande lorsque des conditions propices, tant économiques que techniques et politiques, seront réunies. L'objet de la conférence est d'éviter que l'on soit confronté à des

problèmes sans s'y être convenablement préparé. Elle passera également en revue l'expérience collective au stade actuel de la construction, de l'homologation et de l'exploitation des centrales nucléaires.

Recherche en fusion nucléaire. Parmi ses activités visant à encourager l'échange international d'informations scientifiques et techniques concernant la recherche sur la fusion, l'AIEA organise la 15^{ème} Conférence internationale sur la physique des plasmas et la recherche concernant la fusion nucléaire contrôlée qui se tiendra à Madrid, du 29 septembre au 1^{er} octobre 1994. A l'ordre du jour, l'examen des résultats obtenus avec les grandes machines expérimentales en service ou en construction, des nouvelles connaissances acquises en physique des plasmas, et de l'étude technique de dispositifs expérimentaux pouvant aboutir prochainement à un «seuil scientifique».

Techniques nucléaires en phytopédologie. L'AIEA et l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) réuniront du 17 au 21 octobre 1994 un colloque international sur les techniques nucléaires et apparentées dans les études sur les relations sol/plante dans le cadre d'une agriculture durable et de la protection de

l'environnement. Ce colloque devrait permettre aux scientifiques de se communiquer les résultats de leurs études sur les relations phytopédologiques. Les thèmes étudiés seront la fertilité des sols, la nutrition des végétaux, la gestion de l'eau et la production agricole dans un régime d'exploitation durable où interviennent les techniques isotopiques et nucléaires associées. Les aspects écologiques de l'emploi des engrais et de la gestion de l'eau seront également considérés.

Conférence internationale sur les rayonnements, la santé et la société: comprendre les risques radiologiques. Prévue pour se réunir à Paris du 24 au 28 octobre 1994, cette conférence a pour objet de faciliter la compréhension des risques de l'exposition à des rayonnements ionisants. Elle abordera toute une série de sujets, dont l'évaluation des niveaux d'exposition et des effets des rayonnements sur la santé, l'impact des rayonnements sur l'environnement, les différentes perceptions du risque radiologique, les problèmes de gestion et de communication liés au risque d'irradiation, le radon dans les habitations, l'évacuation des déchets radioactifs et l'environnement, et des études de cas.

Les délégations des quatre parties au projet international de réacteur thermonucléaire expérimental (ITER) se sont réunies à Vienne le 21 mars pour signer le Protocole 2 relatif à la phase des études techniques du projet. En vertu de ce protocole, les parties doivent mettre au point un projet technique

capable de démontrer la possibilité technologique d'exploiter l'énergie de fusion à des fins pacifiques. L'information acquise au cours de cette phase fournira la base des décisions futures relatives à la construction d'ITER. Le Protocole 2 concerne plus spécialement le détail des travaux

Projet de recherche sur la fusion



Signature du Protocole ITER. De gauche à droite: l'ambassadeur Pirzio-Biroli (Union européenne); M. Cheverev (Russie); M. Hans Blix (directeur général de l'AIEA); l'ambassadeur Kunisada Kume (Japon); l'ambassadeur Ritch III (Etats-Unis). (Photo: Pavlicek, AIEA)

techniques dont les parties doivent s'acquitter avant l'expiration de l'accord, le 21 juillet 1998.

Les parties intéressées sont la Communauté européenne, les Etats-Unis, le Japon et la Russie. Les chefs de délégations étaient l'ambassadeur Corrado Pirzio-Biroli, chef de la délégation de la CCE à Vienne, l'ambassadeur Kunisada Kume,

représentant permanent du Japon auprès de l'AIEA, M. Nicolai S. Cheverev, directeur administratif des programmes sur la fusion du Ministère russe de l'énergie atomique, et l'ambassadeur John B. Ritch III, représentant permanent des Etats-Unis auprès de l'AIEA. M. Hans Blix, directeur général de l'AIEA, a présidé la cérémonie.

Colloque international sur les garanties

Les techniques et les méthodes à l'étude ou en usage pour la vérification de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire étaient le thème principal d'un colloque international de l'AIEA sur les garanties, réuni à la mi-mars de cette année.

Plus de 400 spécialistes des garanties venant de l'administration d'Etat ou de l'industrie de 42 pays y ont participé pour examiner un nombre de questions techniques, notamment l'application des garanties dans les républiques de l'ex-URSS, l'expérience des vérifications faites par l'AIEA en Afrique du Sud, la mise en œuvre prochaine des garanties au Brésil et en Argentine, et les mesures à l'étude pour renforcer encore le système des garanties qui, après 30 années d'existence, est devenu le pivot du régime mondial de non-prolifération nucléaire. Ce colloque d'une semaine

a comporté aussi une table ronde, présidée par M. Bruno Pellaud, directeur général adjoint chargé des garanties, sur les orientations futures des garanties internationales; y assistaient M. Hans Blix, directeur général de l'AIEA, M. K. Bakshi, ambassadeur de l'Inde, et M. David A.V. Fischer, expert international des garanties et de la non-prolifération nucléaire et ancien haut fonctionnaire de l'AIEA. Les débats ont surtout porté sur l'évolution des garanties sous l'angle du droit, des ressources financières et de la stratégie.

Le colloque était organisé par l'AIEA en collaboration avec la Société nucléaire américaine, l'Association européenne de recherche et développement pour les garanties, l'Institut de gestion des matières nucléaires et la Société nucléaire russe. Le compte rendu de la réunion sera publié par l'AIEA.

A POSITION EXISTS IN A COMPANY INVOLVED IN THE SUPPLY OF PRODUCTS, FOR A PERSON WITH KNOWLEDGE IN THE FOLLOWING AREAS:

RADIATION SAFETY

ISOTOPES

IONIZING RADIATION

ALL INDUSTRIAL APPLICATIONS RELATED

PERSONS WITH KNOWLEDGE OF THE ABOVE AREAS AND CAPABLE OF ASSESSING PROJECTS NEED APPLY.

SUITABLE FINANCIAL PACKAGE FOR QUALIFIED PERSON.

**P.O. Box 382
Wolverhampton
United Kingdom
WV10 7DQ**

NOUVELLES CENTRALES

NUCLEAIRES. Selon le Système de documentation sur les réacteurs de puissance (PRIS), neuf centrales nucléaires nouvelles d'une puissance totale de 8988 mégawatts ont été mises en service en 1993 dans les pays suivants: Canada (1), Chine (1), Etats-Unis (1), France (1), Japon (4), et Russie (1). En 1993 également, six centrales ont été mises en chantier dans les pays suivants: Japon (1), Pakistan (1), République de Corée (2), et Russie (2). A la fin de cette même année, on comptait 430 réacteurs en service et 55 en construction dans le monde entier. Dans 18 pays, la production nucléo-électrique représentait 20% et plus de la production totale d'électricité et, dans huit pays, près de la moitié ou même plus. (Pour plus de détails, voir le tableau de la rubrique Statistiques internationales.)

Afrique du Sud: don à l'AIEA

L'Afrique du Sud a fait don à l'AIEA d'une sculpture pour symboliser son attachement à la non-prolifération et encourager d'autres pays à suivre la même voie. L'objet a été présenté au Directeur général de l'AIEA le 7 avril, à Vienne, par M. R.F. «Pik» Botha, qui était alors ministre des affaires étrangères d'Afrique du Sud.

Il s'agit d'une représentation en miniature d'un socle de charrue en matière non radioactive récupérée d'un ancien dispositif nucléaire, et portant l'inscription suivante: «Cette sculpture en matière non nucléaire récupérée d'un dispositif nucléaire mis au rebut symbolise l'engagement de la République d'Afrique du Sud envers la non-prolifération des armes nucléaires». Elle se termine par ces mots: «Et ils feront de leurs épées des socles de charrue et de leurs lances des émondoirs. Les nations ne prendront plus les armes l'une contre l'autre et renonceront à jamais à la guerre.»

En acceptant ce présent, M. Blix a exprimé le vœu que «les armes de guerre se transforment plus souvent en outils de paix». Il a également souhaité voir augmenter le nombre de pays qui s'engagent à respecter la non-prolifération et acceptent un contrôle global. Rappelant l'essentiel de l'évolution encourageante de l'Afrique du Sud, le Directeur général a ajouté que la voie devrait bientôt s'ouvrir vers la conclusion d'un traité de dénucléarisation de l'Afrique, du fait de l'adhésion de l'Afrique du Sud au *Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires* et de son renoncement à son programme d'armement nucléaire.

Finlande: examen de la gestion des déchets

Des experts d'Allemagne, de Belgique, du Canada, de Suisse et de l'AIEA viennent de terminer l'examen du programme finlandais de gestion des déchets radioactifs. Ce travail a été entrepris l'an dernier sur la demande du Gouvernement finlandais, au titre du programme d'évaluation et d'examen technique de la gestion des déchets (WATRP); il a porté sur les préparatifs en vue du choix du site et de la construction d'une installation de conditionnement de combustible épuisé et d'un dépôt et sur les plans des opérations prévues pour le conditionnement et l'évacuation des déchets qui résulteront du déclassement des réacteurs finlandais. L'équipe a constaté que, bien que le programme nucléo-électrique finlandais soit encore récent comparé à celui de maints autres pays, la Finlande est déjà techniquement bien équipée pour la gestion des déchets radioactifs et dispose des moyens lui permettant de réaliser un programme complet et rationnel d'entreposage et d'évacuation. Les experts ont signalé que des scientifiques



finlandais font partie de nombreux groupes et comités internationaux, contribuant ainsi à la compréhension du sujet et acquérant des connaissances utiles pour leur propre programme. Dans l'ensemble, les experts ont été impressionnés par la haute qualité du travail exécuté. Ils ont formulé des recommandations sur divers points techniques: fabriquer en grandeur réelle et soumettre à des essais les conteneurs en cuivre prévus pour l'évacuation du combustible épuisé, afin de résoudre dès que possible tout problème éventuel; essais dans des conditions réelles de la méthode proposée pour le traitement microbiologique des déchets organiques à la centrale nucléaire de Loviisa; maintenir et éventuellement augmenter les ressources de l'organe de réglementation; finir de mettre au point le détail des directives concernant les critères à appliquer pour autoriser l'évacuation du combustible épuisé.

La République tchèque et la République slovaque ont elles aussi demandé des services WATRP; la mission en République tchèque est pratiquement terminée tandis que celle en République slovaque vient de commencer. Ce service consiste en un examen par des confrères du système de gestion des déchets radioactifs, que l'AIEA propose en réponse à des demandes précises de ses Etats Membres. Le demandeur obtient donc des avis et des conseils indépendants émanant d'experts internationalement reconnus, ce qui lui confirme la fiabilité du système à l'étude ou en exploitation.

Iran: zone dénucléarisée envisagée

M. Hans Blix, directeur général de l'AIEA, accompagné d'un conseiller, s'est rendu à Téhéran à la mi-avril de cette année pour s'entretenir de la

Remise du présent de l'Afrique du Sud. De gauche à droite: M. Johannes P. Roux, ambassadeur d'Afrique du Sud; M. Pik Botha; M. Godfrey Hetisani, membre du Conseil exécutif provisoire d'Afrique du Sud; M. Blix, directeur général de l'AIEA.

(Photo: Quevenco, AIEA)

création d'une zone dénucléarisée au Moyen-Orient et du problème de la vérification des garanties dans cette zone. Le Directeur général, que la Conférence générale de l'AIEA avait mandaté pour explorer la question, s'est déjà rendu dans d'autres pays de la région pour connaître leur avis sur ce point. Il s'est également entretenu de la coopération technique et notamment de la possibilité d'appliquer les techniques radio-isotopiques à l'étude de la remontée du niveau de la mer Caspienne.

Au cours de sa visite, M. Blix a eu des entretiens avec M. Ali A. Velayati, ministre iranien des affaires étrangères, M. Reza Amrollahi, président de la Commission de l'énergie atomique, M. Hassan Habibi, premier adjoint au Président de la République islamique, et M. Hassan Rouhani, adjoint au Président du Majlis, et plusieurs députés.

Chine: examen de la réglementation nucléaire

Au titre du programme international d'examen de la réglementation (IRRT), une mission s'est rendue en Chine au mois de mai pour procéder à un examen du processus réglementaire régissant les opérations du secteur nucléo-électrique. L'équipe, composée de sept experts en sûreté venant de l'AIEA et de cinq pays, a constaté que le système de réglementation chinois est analogue aux systèmes appliqués dans le monde entier, comportant un organisme de réglementation indépendant sans aucun rapport avec les activités promotionnelles du secteur nucléaire. La réglementation nationale se fonde sur les codes et guides de l'AIEA, et se conforme ainsi aux pratiques couramment admises sur le plan international.

La mission a eu lieu à la demande du Gouvernement chinois et de son Administration nationale de la sûreté nucléaire (NNSA), ce qui témoigne de l'importance que le Gouvernement attache à la coopération internationale en la matière. La Chine exploite actuellement trois centrales nucléaires dont deux de conception française, à Daya Bay près de Hong Kong, et une de conception chinoise à Qinshan, près de Shanghai. Des tranches supplémentaires sont prévues sur les deux sites.

A la fin de la mission qui a duré du 23 avril au 10 mai dernier, l'équipe a formulé un certain nombre d'observations et de recommandations. Elle a été impressionnée par la compétence générale du personnel de la NNSA qui, s'il n'a pas encore une grande expérience pratique, manifeste le désir de connaître et de suivre les pratiques internationales. Le personnel du siège de la NNSA bénéficie de l'appui technique d'un organisme associé, le Centre pour la sûreté nucléaire de Beijing. Il existe

des bureaux régionaux à Shanghai et à Guangdong, et un autre encore à Chengdu qui s'occupe des réacteurs de recherche et des installations du cycle du combustible. L'équipe a constaté que la procédure d'autorisation et d'examen pour la tranche de Daya Bay est conforme aux bonnes pratiques internationales.

Les recommandations visaient l'amélioration de l'efficacité du processus réglementaire. Un point qui n'a pas encore suffisamment retenu l'attention de la NNSA est l'exploitation systématique de l'expérience d'exploitation en vue de prévenir les accidents. Cette pratique désormais courante dans le monde permet de détecter les précurseurs d'événements d'exploitation et de prendre des mesures préventives. D'autres recommandations concernaient les plans d'intervention d'urgence et les procédures d'inspection en cours d'exploitation et pendant les arrêts pour rechargement. Il faudrait aussi instaurer une solide culture de la sûreté, tant à la NNSA que dans toute la communauté nucléaire chinoise.

M. Morris Rosen, sous-directeur général chargé de la sûreté nucléaire, a conclu la mission en rappelant la participation de la Chine aux principaux accords et systèmes internationaux concernant la sûreté que l'AIEA a élaborés, y compris la future convention internationale sur la sûreté nucléaire. La Chine a participé activement à l'élaboration de cette dernière et l'équipe a constaté qu'elle était disposée à s'acquitter de ses obligations.

Royaume-Uni: mission OSART

Un groupe d'experts du programme d'examen de la sûreté d'exploitation de l'AIEA (OSART) a visité la centrale nucléaire Hunterston-B, au Royaume-Uni, entre le 11 et le 29 avril 1994. Les experts venaient d'Allemagne, de Belgique, des États-Unis, de France, de Hongrie, du Japon et de Suède, accompagnés d'observateurs indiens, slovènes et ukrainiens.

L'équipe a noté le haut niveau de performance et de sûreté de l'ensemble de la centrale et a suggéré à la direction quelques améliorations de la sûreté d'exploitation. Cette mission était, après celle d'Oldbury et de Sizewell-B, la troisième qui visitait une centrale britannique.

RPDC: entretiens sur les garanties

En mai dernier, M. Hans Blix, directeur général de l'AIEA, a informé le Conseil de sécurité de l'ONU et le Conseil des gouverneurs de l'Agence au sujet du problème de garanties qui se pose en République populaire démocratique de Corée à

propos du rechargement du réacteur de puissance de 5 mégawatts.

Dans un communiqué de presse daté du 21 mai, l'AIEA a fait la déclaration suivante:

«Le 19 avril, la République populaire démocratique de Corée (RPDC) a fait part à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) de son intention de procéder au rechargement du réacteur nucléaire expérimental de 5 MWe «à une date rapprochée».

«L'Agence a indiqué à la RPDC que des activités de garanties particulières — pour sélectionner certaines barres de combustible, les séparer et s'en assurer — sont indispensables au moment de ce rechargement. Elles sont destinées à permettre à l'Agence de vérifier, en procédant ultérieurement à des mesures, que du combustible contenu dans le réacteur n'a pas été détourné dans le passé. L'Agence a besoin de vérifier que le combustible déchargé correspond au premier cœur du réacteur, comme la RPDC l'a indiqué. L'Agence a précisé à la RPDC que, si ces activités d'inspection n'avaient pas lieu durant la campagne de déchargement du cœur, toute mesure effectuée ultérieurement n'aurait aucune valeur, et les informations nécessaires à l'Agence pour vérifier qu'il n'y a pas eu détournement de matières nucléaires dans le passé seraient perdues irrémédiablement. L'Agence a donc invité instamment la RPDC à ne pas entreprendre de campagne de déchargement du cœur sans permettre aux inspecteurs de l'Agence de prendre les mesures proposées.

«Le 12 mai, la RPDC a fait savoir à l'AIEA qu'elle avait déjà entrepris la campagne de rechargement. Une équipe d'inspection de l'Agence qui se trouve actuellement en RPDC a confirmé que le déchargement du cœur avait bien commencé et a fait rapport sur l'état d'avancement de ce déchargement. L'Agence a conclu que le déchargement de nouvelles barres de combustible compromettrait la possibilité pour l'Agence d'appliquer les mesures de garanties nécessaires pour vérifier si du combustible a été ou non détourné dans le passé.

L'AIEA a confirmé à la RPDC, dans un télégramme daté du 19 mai, que le déchargement de combustible sans que les mesures de garanties demandées par l'AIEA aient été prises constitue une violation grave de l'accord de garanties, qui est portée en tant que telle à la connaissance du Conseil des gouverneurs de l'AIEA et du Conseil de sécurité de l'Organisation des Nations Unies. L'Agence a demandé à la RPDC de prendre des dispositions sans délai aux fins des mesures de garanties nécessaires et a engagé à reporter tout nouveau déchargement jusqu'à ce que ces mesures soient en place.

«A l'heure actuelle, il semble encore possible d'appliquer les mesures de garanties requises. Si la RPDC poursuit l'opération de déchargement sans

que ces mesures aient été prises, l'Agence se trouverait irrémédiablement dans l'impossibilité de vérifier que toutes les matières nucléaires soumises aux garanties en RPDC sont effectivement sous garanties et qu'aucun détournement de ces matières n'a eu lieu.

«Compte tenu de ce qui précède, l'Agence a proposé d'envoyer immédiatement en RPDC une équipe de hauts fonctionnaires en vue d'examiner les dispositions à prendre pour appliquer les mesures de garanties requises en liaison avec l'opération de déchargement.»

Le 21 mai, l'AIEA a reçu un télégramme dans lequel la RPDC se déclare prête à recevoir une équipe de consultation de l'AIEA. Cette équipe, composée de hauts responsables des garanties, est arrivée dans le pays le 24 mai 1994.

Dans un communiqué de presse publié le 28 mai, l'AIEA fait la déclaration suivante:

«Le 27 mai 1994, une équipe de hauts fonctionnaires de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) a achevé ses consultations en République populaire démocratique de Corée (RPDC) au sujet de la façon de procéder pour appliquer les mesures de garanties requises lors du rechargement du réacteur de puissance nucléaire expérimental.

«Malheureusement, l'accord ne s'est pas fait. La RPDC a rejeté toutes les propositions que l'AIEA avait présentées afin de rester à même de sélectionner des barres de combustible, de les séparer et de s'en assurer en vue de procéder ultérieurement à des mesures de manière à pouvoir vérifier les antécédents du cœur du réacteur et, plus précisément, vérifier s'il s'agit du premier cœur. La RPDC a continué à soutenir qu'en raison de son «statut unique» elle ne pouvait pas accepter les mesures de vérification proposées par l'AIEA. Une proposition présentée par la RPDC n'a pas pu être acceptée, car elle ne permettrait pas à l'AIEA de vérifier les antécédents du cœur du réacteur.

«L'équipe rentre à Vienne aujourd'hui. Deux inspecteurs restent en RPDC pour rendre compte de l'évolution de la situation. Le Secrétaire de l'AIEA a porté les résultats des entretiens à la connaissance de son Conseil des gouverneurs et du Conseil de sécurité.»

NOUVELLES NOMINATIONS A L'AIEA. Plusieurs nominations ont été annoncées. M. Abraham Espino (Panama) a été nommé directeur de la Division du budget et des finances. Il succède à M. André Gué (France). M. Slimane Cherif (Algérie) et M. David Sinden (Canada) ont été nommés assistants spéciaux au Cabinet du Directeur général.

CROISSANCE DU PARC ELECTRIQUE: REGARD SUR L'ASIE. L'augmentation prévue de la puissance installée dans le monde est estimée à quelque 550 GW, dont 45% en Asie, d'après une communication de l'Institut de statistique des services publics (UDI) des Etats-Unis. Selon la même source, cette augmentation se répartira comme suit pendant la période 1993-2002: 25% au charbon; 21% au gaz; 22% hydroélectrique; 13% nucléaire et 8% au mazout. Environ la moitié des centrales correspondantes ne sont pas encore en construction. UDI est le service de publication des annuaires et des bases de données de McGraw-Hill, Inc. Son *World Directory of New Electric Power Plants* contient ses estimations les plus récentes. Pour tout complément d'information, s'adresser à UDI, 1200 G Street NW, Suite 250, Washington, D.C., 20005 Etats-Unis.

ENERGIE ET CO₂. Un aperçu global de la consommation d'énergie dans le monde et des émissions de carbone qui en résultent a été publié par le Service d'information sur l'énergie du Département de l'énergie des Etats-Unis. Sous le titre *Energy Use and Carbon Emissions: Some International Comparisons*, l'étude présente le schéma et les tendances de la consommation mondiale d'énergie et précise les émissions de carbone qui en résultent depuis 1970. Voici les principales conclusions: la proportion des sources d'énergie sans émission de carbone a augmenté dans le monde au cours des deux dernières décennies, en particulier dans les pays industriels, où elle est passée de 7% en 1970 à 17% en 1991, augmentation essentiellement due à la croissance du parc nucléaire. Pour plus de renseignements, s'adresser à EIA, National Energy Information Center, Forrestal Building, Room 1F-048, Washington, D.C., 20585 Etats-Unis.

RADIOPROTECTION. Des rapports sur les risques et les contrôles radiologiques ont été récemment publiés par des organismes de radioprotection des Etats-Unis et du Royaume-Uni. Aux Etats-Unis, le Conseil national de la protection et des mesures radiologiques a publié un ouvrage intitulé *Risk Estimates for Radiation Protection*, qui fait une étude critique de l'information sur les risques que comporte l'exposition aux rayonne-

ments ionisants. Il s'agit essentiellement des effets stochastiques, c'est-à-dire cancérogènes et génétiques. Au Royaume-Uni, le Conseil national de protection radiologique a publié un ouvrage intitulé *Guidance on Restrictions on Food and Water Following a Radiological Accident* qui révisé ses recommandations en fonction de celles de la Commission internationale de protection radiologique et des Règlements du Conseil des Communautés européennes sur la question. Pour plus de renseignements, s'adresser respectivement à NCRP, 7910 Woodmont Ave, Suite 800, Bethesda, Maryland 20814-3095, Etats-Unis, et à NRPB, Chilton, Didcot, Oxon OX11 0RQ, Royaume-Uni.

LES MATIERES RADIOACTIVES ET L'ECONOMIE. L'emploi de matières radioactives en médecine et dans d'autres domaines, aux Etats-Unis, a contribué à l'économie en créant des millions d'emplois et en rapportant des centaines de millions de dollars, selon une étude récente signalée par l'Institut de l'énergie nucléaire, étude qui montre qu'en 1991 les matières radioactives ont été à l'origine de 257 milliards de dollars de revenus bruts pour l'industrie, 3,7 millions d'emplois, 11 milliards de dollars de bénéfice pour les sociétés, et 45 milliards de dollars de recettes fiscales pour les municipalités, les Etats et la fédération. Ces chiffres ne tiennent pas compte de l'énergie nucléaire utilisée pour produire de l'électricité. Ce secteur représente 73 milliards de produit intérieur brut annuel et 417 000 emplois, aux Etats-Unis. Pour plus de renseignements, s'adresser à NEI, 1776 Eye Street, NW, Washington, D.C., 20006-3708 Etats-Unis.

LA NON-PROLIFERATION, LES GARANTIES ET LE TNP. M. David A.V. Fischer, expert en garanties et en non-prolifération nucléaire, a fait une étude très complète et très documentée sur les tentatives faites dans le monde pour freiner la prolifération des armes nucléaires. Sous le titre *Towards 1995: The Prospects for Ending the Proliferation of Nuclear Weapons*, cet ouvrage explique l'expansion de l'armement nucléaire et décrit les mesures prises pour la contrôler, ainsi que les possibilités de la contenir pendant les dernières années du siècle. Au centre du problème, la Conférence des Parties au Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP) qui décidera en 1995 de l'avenir de cet instrument. Le livre est publié par Dartmouth Publishing Company, Ltd., Gower House, Croft Road, Aldershot, Hants GU11 3HR, Royaume-Uni.

Rapports et comptes rendus

Use of Irradiation to Control Infectivity of Food-borne Parasites, Panel Proceedings Series n° 933, ISBN 92-0-103193-9, 400 S (schillings autrichiens)

Measurement Assurance in Dosimetry, Collection Comptes rendus n° 930, ISBN 92-0-100194-0, 1900 S

Compliance Assurance for the Safe Transport of Radioactive Material, Collection Sécurité n° 112, ISBN 92-0-100394-3, 360 S

Uranium Extraction Technology, Collection Rapports techniques n° 359, ISBN 92-0-103593-4, 1100 S

Status of Technology for Volume Reduction and Treatment of Low and Intermediate Level Solid Radioactive Waste, Collection Rapports techniques n° 360, ISBN 92-0-100494-X, 360 S

**Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research 1992, vols 1, 2, 3 et 4; ISBN 92-0-101093-1, 2200 S
ISBN 92-0-101193-8, 1900 S
ISBN 92-0-101293-4, 1560 S
ISBN 92-0-101393-0, 240 S**

Management of Insect Pests: Nuclear and Related Molecular and Genetic Techniques, Collection Comptes rendus, ISBN 92-0-000293-5, 1900 S
Strengthening Radiation and Nuclear Safety Infrastructures in Countries of the Former USSR, ISBN 92-0-102793-1, 300 S

Ouvrages de référence/statistiques

IAEA Yearbook 1993, ISBN 92-0-102493-2, 500 S

Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates up to 2010, Données de référence n° 1, ISBN 92-0-102193-3 (IAEA-RDS-1/13)

Nuclear Power Reactors in the World, Données de référence n° 2, ISBN 92-0-101593-3 (IAEA-RDS-2/13)

Nuclear Research Reactors in the World, Données de référence n° 3, ISBN 92-0-103793-7

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

The Law and Practices of the International Atomic Energy Agency 1970-1980, Supplément n° 1 à l'édition de 1970 de la Collection juridique n° 7, Collection juridique n° 7-S1, ISBN 92-0-103693-0, 2000 S

Agreements Registered with the International Atomic Energy Agency, 11ème édition, STI/PUB n° 954, ISBN 92-0-100994-1, 800 S

OU COMMANDER LES PUBLICATIONS DE L'AIEA

Les ouvrages, rapports et autres publications de l'AIEA sont en vente chez les dépositaires ou libraires indiqués ci-dessous ou par l'intermédiaire des principales librairies locales.

AFRIQUE DU SUD

Van Schaik Bookstore (Pty) Ltd.,
P.O. Box 724, Pretoria 0001

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

Service Courier UNESCO,
202, Avenue du Roi, B-1060 Bruxelles

CANADA

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

CHILI

Comisión Chilena de Energía Nuclear,
Venta de Publicaciones,
Amunategui 95, Casilla 188-D, Santiago

CHINE

Publications de l'AIEA en chinois:
China Nuclear Energy Industry Corporation,
Translation Service, P.O. Box 2103, Beijing
Publications de l'AIEA en d'autres langues:
China National Publications
Import & Export Corporation,
Deutsche Abteilung, P.O. Box 88, Beijing

ESPAGNE

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

ETATS-UNIS D'AMERIQUE

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

FEDERATION DE RUSSIE

Mezhdunarodnaya Kniga, Sovinkniga-EA,
Dimitrova 39, SU-113 095 Moscou

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

INDE

Oxford Book and Stationery Co.,
17, Park Street, Calcutta-700 016
Oxford Book and Stationery Co.,
Scindia House, New Delhi-110 001

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

PAKISTAN

Mirza Book Agency,
65, Shahrah Quaid-e-Azam,
P.O. Box 729, Lahore-3

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 Publishers,
Hurbanovo námestie 3,
815 89 Bratislava

ROUMANIE

Illexim, P.O. Box 136-137, Bucarest

ROYAUME-UNI

HMSO, Publications Centre,
Agency Section,
51 Nine Elms Lane, Londres SW8 5DR

SUEDE

AB Fritzes Kungl. Hovbokhandel,
Fredsgatan 2, P.O. Box 16356,
S-103 27 Stockholm

YUGOSLAVIE

Jugoslovenska Knjiga,
Terazije 27, P.O. Box 36, YU-11001
Belgrade

Les commandes et les demandes de renseignements peuvent également être adressées directement à:

Division des publications
Agence internationale de l'énergie atomique
Wagramerstrasse 5, B.P. 100,
A-1400 Vienne, Autriche

BASES DE DONNEES CONNECTEES

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) 2360, télex (1)-12645
Fac-similé +43 1 234564

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) 2360, télex (1)-12645
Fac-similé +43 1 234564
Courrier électronique via BITNET/INTERNET
ID: FAS@IAEA1.IAEA.OR.AT

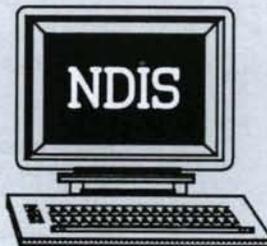
Nombre d'enregistrements accessibles depuis janvier 1993 plus de 130 000

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) 2360, télex (1)-12645
Fac-similé +43 1 234564

Courrier électronique via BITNET/INTERNET

ID: RNDS@IAEA1.IAEA.OR.AT

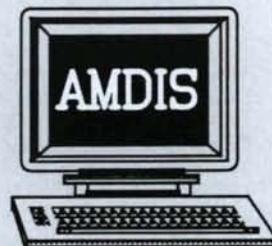
Domaine

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 EXFOR, 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 RNDS@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
86 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) 2360, télex (1)-12645
Fac-similé +43 1 234564
Courrier électronique via
BITNET/INTERNET
ID: ATIEH@IAEA1.LAEA.OR.AT

**Nombre d'enregistrements
accessibles**

depuis janvier 1976
plus de 1 500 000

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
environnementales des sources
d'énergie non nucléaires.
Aspects juridiques et sociaux
de ces diverses questions.

INIS



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

ON CD-ROM

5000 JOURNALS

1.5 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!

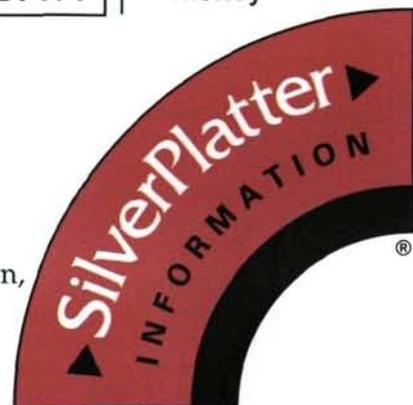
*for further information
and details of your local distributor*

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 downloading and printing
- ◆ desktop access
- ◆ easy storage
- ◆ saving time, space and money



VACANCES DE POSTES ANNONCEES A L'AIEA

FONCTIONNAIRE CHARGÉ DE LA FORMATION (94/701). Département de la recherche et des isotopes. Les qualifications requises pour ce poste P-3 sont les suivantes: diplôme universitaire en science de l'environnement. Au moins six ans d'expérience de la recherche et de la formation, au niveau tant national qu'international. *Date limite pour la présentation des candidatures: 5 septembre 1994.*

CHERCHEUR (94/702). Département de la recherche et des isotopes. Les qualifications requises pour ce poste P-2 sont les suivantes: diplôme universitaire supérieur (doctorat de préférence) dans une discipline pertinente et au moins deux ans d'expérience professionnelle et de recherche concernant la technique de spectrométrie ICP. Expérience pratique du fonctionnement et de la maintenance de spectromètres ICP. Expérience de base de l'étude de la radioactivité marine ou des éléments à l'état de traces. *Date limite pour la présentation des candidatures: 5 septembre 1994.*

SPECIALISTE DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES/PHYTOGENETICIEN (94/024). Département de la recherche et des isotopes. Les qualifications requises pour ce poste P-4 sont les suivantes: formation universitaire du niveau du doctorat ou équivalente, avec spécialisation en amélioration des plantes et en phytogénétique, et formation pratique solide en agronomie, en biotechnologie appliquée aux plantes et en physiologie végétale. Au moins dix ans d'expérience professionnelle après le doctorat, en particulier dans le domaine de l'application des techniques nucléaires. Aptitude à utiliser un ordinateur personnel. *Date limite pour la présentation des candidatures: 9 septembre 1994.*

CHEF DE SECTION (94/025). Département des garanties. Les qualifications requises pour ce poste P-5 sont les suivantes: diplôme universitaire supérieur ou équivalent en science ou en génie nucléaires, en chimie ou en génie chimique. Au moins 15 années d'expérience dans l'industrie nucléaire et en particulier dans les domaines du retraitement chimique, de la conversion du plutonium et de la fabrication de combustible MOX, dont cinq au minimum dans le secteur des garanties. La candidat devra avoir assumé des responsabilités progressivement croissantes à des postes de direction ou de gestion. *Date limite pour la présentation des candidatures: 9 septembre 1994.*

CHEF DE SECTION (94/026). Département des garanties. Les qualifications requises pour ce poste P-5 sont les suivantes: diplôme universitaire supérieur ou équivalent en science ou en génie nucléaires. Au moins 15 années d'expérience dans l'industrie

nucléaire, la recherche nucléaire ou un service national ou international en rapport avec l'énergie nucléaire, dont cinq au minimum dans le domaine des garanties. Le candidat devra avoir assumé des responsabilités progressivement croissantes à des postes de direction ou de gestion. *Date limite pour la présentation des candidatures: 9 septembre 1994.*

CHEF DE SECTION (94/027). Département de la recherche et des isotopes. Les qualifications requises pour ce poste P-5 sont les suivantes: diplôme en médecine avec spécialisation en radio-oncologie et/ou radiobiologie clinique, et au moins 15 ans d'expérience spécialisée récente et approfondie en hôpital de tous les aspects concernant la radiothérapie et le traitement des cancéreux, étayée par un nombre important de publications de qualité sur la question. Expérience récente de l'enseignement de la radio-oncologie ou de la radiobiologie clinique au niveau universitaire ou équivalent. Expérience administrative et aptitude à diriger une équipe scientifique multidisciplinaire. Expérience et connaissance des problèmes du traitement des cancéreux dans les pays en développement. *Date limite pour la présentation des candidatures: 16 septembre 1994.*

CHEF DE SECTION (94/028). Département de la recherche et des isotopes. Les qualifications requises pour ce poste P-5 sont les suivantes: diplôme universitaire d'études supérieures (doctorat) en physique médicale. Au moins 15 ans d'expérience de la dosimétrie des rayonnements ionisants, au cours desquels le candidat aura publié des travaux sur la question. Le candidat devra bien connaître les principes et la terminologie de la métrologie. Il devra avoir une expérience directe des problèmes de dosimétrie en thérapie par faisceaux externes et en curi-thérapie. Aptitude à administrer et diriger un groupe scientifique et un laboratoire de dosimétrie. *Date limite pour la présentation des candidatures: 16 septembre 1994.*

SPECIALISTE DE LA SURETÉ D'EXPLOITATION (94/029). Département de l'énergie et de la sûreté nucléaires. Les qualifications requises pour ce poste P-5 sont les suivantes: diplôme universitaire supérieur ou équivalent en ingénierie ou en sciences physiques. Quinze ans d'expérience de l'exploitation des centrales nucléaires, dont dix au moins à un poste supérieur. Grande expérience de la gestion et de la supervision des activités menées dans les centrales nucléaires. *Date limite pour la présentation des candidatures: 16 septembre 1994.*

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 vacances 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. 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 CONNECTES

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 vacances 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 mot de passe utilisateur. 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 peuvent pas être transmises sur le réseau informatique, car elles doivent être adressées par écrit à la Division du personnel de l'AIEA.



ENC '94

ENC '94 ENS – ANS – FORATOM

International Nuclear Congress + World Exhibition Atoms for Energy

A dialogue with the industry's young generation
on nuclear's future

Lyon, France, October 2–6, 1994

**ENC '94 – the unique combination of the world's major nuclear science & industry Expo
with the largest international nuclear congress.**

European Nuclear Society – ENS; American Nuclear Society – ANS; European Nuclear Forum – FORATOM

Co-sponsored by: Canadian Nuclear Society; Chinese Nuclear Society
Japan Atomic Industrial Forum; Korea Atomic Industrial Forum

Conference: streamlined, modern approach with the world's nuclear leaders and young executives and researchers addressing the key nuclear issues. Embedded Meetings for radiation protection experts and women communicators. Over a dozen Suppliers Seminars. Panels moderated by star journalists.

World Nuclear Exhibition with more than 300 companies from 23 countries, including for the first time Argentina, China and Taiwan (China), on 15 000 m² (gross), with musical animation and special nuclear art show.

More Culture with Camerata Nucleare concert and social tours to the region's most fascinating sights. Cooking lessons under patronage of Paul Bocuse.

Technical Tours through France's most important nuclear facilities.

ENC is a multiple package event with great choices for everybody.

Please mail me _____ **copies of the Preliminary Program**
_____ **copies of the Invitation to Exhibit**



Family name: _____ First name: _____

Company / organization: _____ Job position: _____

Address: _____

Telephone: _____ Telex: _____ Telefax: _____

Please return to: ENC '94, c/o European Nuclear Society, Belpstrasse 23, P.O. Box 5032
CH-3001 Berne / Switzerland, Telefax ++41 31 382 44 66



Collecte et classement de données sur la fiabilité humaine aux fins des évaluations probabilistes de la sûreté

Echanger l'expérience d'exploitation pour l'étude des causes premières des événements liés à la performance humaine pour éviter leur répétition, afin d'améliorer la sûreté des installations et de faciliter l'échange de méthodes et d'expérience concernant la collecte et le classement de données sur la performance humaine aux fins des évaluations probabilistes de la sûreté.

Définition et évaluation des techniques de dosimétrie des fortes doses pour l'assurance de la qualité dans les radiotraitements

Etudier les effets de certains paramètres sur la performance de divers dosimètres d'usage courant. Etendre le Service international d'assurance des doses (SIAD) aux sources de faisceaux d'électrons et de rayons X de faible énergie (< 4 MeV).

Normalisation du traitement de l'hyperthyroïde par l'iode 131 en vue d'optimiser les doses de rayonnements et les réactions au traitement

Normaliser le traitement de l'hyperthyroïde (goitre toxique diffus) par l'iode 131 en vue d'optimiser les doses de rayonnements et les réactions au traitement, et de déterminer les facteurs importants qui ont une influence sur les résultats du traitement.

Techniques nucléaires utilisées pour le diagnostic des infections bactériennes et virales dans la région Afrique

Développer des compétences dans la région Afrique dans le domaine des méthodes faisant appel à l'amplification par PCR et par hybridation de sondes ADN pour le diagnostic de maladies telles que le SIDA, l'hépatite virale et la tuberculose, et pour l'évaluation des différentes amorces et sondes qui sont les mieux adaptées aux souches pathogènes de la région.

Application clinique de radiosensibilisateurs en cancérothérapie

Augmenter l'efficacité de la radiothérapie en cancérologie en introduisant le radiosensibilisateur efficace de cellules hypoxiques dans le traitement des cancers.

Création d'une bibliothèque de paramètres de référence pour le calcul de données au moyen de modèles nucléaires (Phase I: Fichier de départ)

Mettre au point le fichier de départ de la bibliothèque de paramètres. Ce fichier est destiné à fournir les valeurs nécessaires au calcul de données nucléaires à partir de modèles de réactions nucléaires, pour des énergies incidentes allant jusqu'à environ 30 MeV.

Vitesses de refroidissement par rayonnement d'impuretés de plasma de fusion

Créer une base complète de données recommandées sur les pertes d'énergie par rayonnement concernant les principales impuretés de plasma pour une gamme de valeurs correspondant aux dispositifs de fusion actuellement en service ou à ceux de la prochaine génération.

Validation d'une méthodologie d'analyse des accidents et de la sûreté

Promouvoir la recherche et l'échange d'informations en ce qui concerne la validation d'une méthodologie d'analyse des accidents et de la sûreté englobant les accidents de dimensionnement et les accidents hors dimensionnement (accidents qualifiés de «graves»).

AOÛT 1994

Séminaire (interrégional) sur les techniques isotopiques appliquées à l'hydrologie des régions arides et semi-arides, **Vienne (Autriche)** (15-26 août)

Séminaire interrégional sur la dosimétrie en radiothérapie: doses de rayonnements en radiothérapie, de la prescription au traitement, **Brésil** (27-30 août)

SEPTEMBRE 1994

Conférence sur l'option électronucléaire **Vienne (Autriche)** (5-8 septembre)

15ème Conférence internationale sur la physique des plasmas et la recherche concernant la fusion nucléaire contrôlée, **Madrid (Espagne)** (26 septembre-1er octobre)

OCTOBRE 1994

Séminaire sur les pratiques et les problèmes de gestion des déchets radioactifs dans les pays en développement, **Beijing (Chine)** (10-14 octobre)

Colloque international sur le stockage du combustible irradié: aspects relatifs à la sûreté, à l'ingénierie et à l'environnement, **Vienne (Autriche)** (10-14 octobre)

Colloque FAO/AIEA sur l'emploi des techniques nucléaires et apparentées dans les études sur les relations sol/plantes dans le cadre d'une agriculture écologiquement viable et de la protection de l'environnement, **Vienne (Autriche)** (17-21 octobre)

Conférence internationale sur les rayonnements, la santé et la société: comprendre les risques radiologiques **Paris (France)** (24-28 octobre)

JANVIER 1995

Colloque sur les bases de données et les méthodes d'évaluation comparative concernant l'électricité, la santé et l'environnement, **Vienne (Autriche)** (à confirmer)

MARS 1995

Colloque sur les techniques isotopiques dans la mise en valeur des ressources en eau, **Vienne (Autriche)** (20-24 mars)

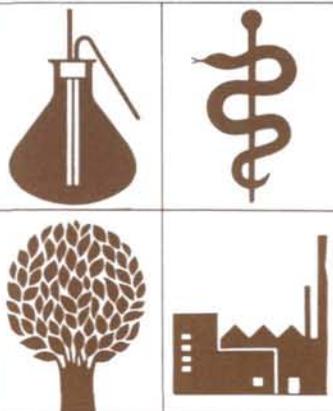
MAI 1995

Séminaire sur la gestion du vieillissement des réacteurs de recherche, **Hambourg (Allemagne)** (8-12 mai)

CONFERENCE GENERALE

Conférence générale de l'AIEA, trente-huitième session ordinaire, **Vienne (Autriche)** (19-23 septembre 1994)

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) 2360-1270
 Télécopie: (43-1) 234564

DIRECTEUR GENERAL: M. Hans Blix
DIRECTEURS GENERAUX ADJOINTS:
 M. David Waller, M. Bruno Pellaud,
 M. Boris Semenov, M. Sueo Machi,
 M. Jihul 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. G. Dreger, M. R. Kelleher,
 Mme I. Emge, Mme H. Bacher,
 Mme A. Primes, Mme M. Swoboda,
 M. W. Kreutzer, M. G. Demai, 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).

1957

Afghanistan
Afrique du Sud
 Albanie
 Allemagne
 Argentine
Australie
Autriche
Bélarus
Bésil
 Bulgarie
Canada
 Corée, République de
 Cuba
Danemark
 Egypte
 El Salvador
 Espagne
Etats-Unis d'Amérique
 Ethiopie
Fédération russe
France
 Grèce
Guatemala
 Haïti
 Hongrie
Inde
 Indonésie
 Islande
Israël
 Italie
Japon
 Maroc
 Monaco
 Myanmar
Norvège
 Nouvelle-Zélande
Pakistan
 Paraguay
 Pays-Bas
 Pérou
 Pologne
Portugal
 République Dominicaine
Roumanie
Royaume-Uni
 de Grande-Bretagne
 et d'Irlande du Nord
 Saint-Siège
 Sri Lanka
Suède
Suisse
 Thaïlande
 Tunisie
Turquie
 Ukraine
 Venezuela

Viet Nam
 Yougoslavie

1958

Belgique
 Cambodge
 Equateur
 Finlande
 Iran, Rép. islamique d'
 Luxembourg
 Mexique
 Philippines
 Soudan

1959

Iraq

1960

Chili
 Colombie
 Ghana
 Sénégal

1961

Liban
 Mali
 Zaïre

1962

Arabie Saoudite
 Libéria

1963

Algérie
 Bolivie
 Côte d'Ivoire
 Jamahiriya Arabe Libyenne
 République Arabe Syrienne
 Uruguay

1964

Cameroun
 Gabon
 Koweït
 Nigeria

1965

Chypre
 Costa Rica
 Jamaïque
 Kenya
 Madagascar

1966

Jordanie
 Panama

1967

Ouganda
 Sierra Leone
 Singapour

1968

Liechtenstein

1969

Malaisie
 Niger
 Zambie

1970

Irlande

1972

Bangladesh

1973

Mongolie

1974

République populaire
 démocratique de Corée
 Maurice

1976

Emirats Arabes Unis
 Qatar
 République-Unie de Tanzanie

1977

Nicaragua

1983

Namibie

1984

Chine

1986

Zimbabwe

1991

Lettonie
 Lituanie
 Yémen, République du

1992

Croatie
 Estonie
 Ouzbékistan
 Slovénie

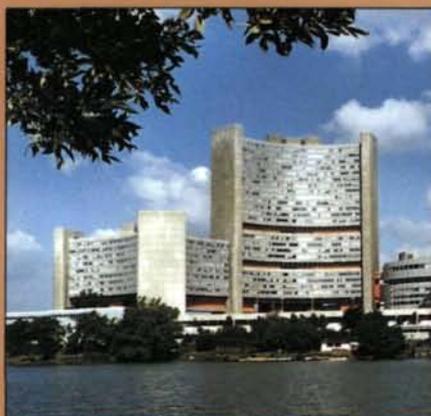
1993

Arménie
 Îles Marshall
 Kazakhstan
 République tchèque
 Slovaquie
 l'ex-République yougoslave
 de Macédoine

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 μ Sv	High sensitivity, photon
PDM-102	40 keV ~	1 ~ 9.999 μ Sv	General use, photon
PDM-173	40 keV ~	0.01 ~ 99.99 mSv	General use, photon
PDM-107	20 keV ~	1 ~ 9.999 μ 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