



RADIATION SAFETY & SECURITY

● SURETE ET SECURITE RADIOLOGIQUES

● SEGURIDAD TECNOLÓGICA Y FÍSICA

DE LAS RADIACIONES

● РАДИАЦИОННАЯ

БЕЗОПАСНОСТЬ

И ОБЕСПЕЧЕНИЕ

● 辐射安全与保安

● الأمان والأمن الإشعاعيان



ENQUETE AUPRES

DES LECTEURS

LE TEMPS PRESSE

Il devient urgent de répondre à l'enquête 1999 réalisée par le Bulletin de l'AIEA auprès de ses lecteurs. Cette enquête nous est nécessaire pour actualiser notre liste de diffusion et planifier notre ligne éditoriale. Si vous n'avez pas encore répondu, veuillez prendre quelques instants pour le faire maintenant. **Veillez noter que si vous souhaitez continuer de figurer sur notre liste de diffusion, nous devons recevoir votre formulaire de souscription dûment complété.** Au cas où vous auriez manqué le Questionnaire, veuillez compléter et renvoyer la copie jointe au présent numéro du Bulletin de l'AIEA. Vous pouvez également, si vous avez accès à l'Internet, compléter facilement et soumettre les formulaires sur le site confidentiel <http://www.leaders.net/iaea>. Nous remercions tous ceux d'entre vous qui ont déjà répondu à l'enquête. Votre avis compte et nous attendons avec impatience l'avis d'autres lecteurs dans les semaines à venir. -- La Rédaction



SOMMAIRE

DES INITIATIVES QUI S'IMPOSENT

Renforcement de la sûreté des sources de rayonnements et de la sécurité des matières radioactives

Abel J. González

2

OBJETS TROUVÉS : DANGER

Les sources de rayonnements orphelines suscitent des inquiétudes dans le monde
Pedro Ortiz, Vilmos Friedrich, John Wheatley et Modupe Oresgun

18

PERSPECTIVES AMÉRICAINES

Sûreté et sécurité des sources radioactives aux États-Unis

Greta Joy Dicus

22

NORMES DE RADIOPROTECTION

Illustration des progrès internationaux

Alejandro V. Bilbao Alfonso et Anthony D. Wrixon

28

RENFORCER LES CAPACITÉS

La sûreté des applications des rayonnements après l'an 2000

Paulo Barretto

32

PRÉVENIR LE PROCHAIN CAS

Matières radioactives et trafic illicite

Klaus E. Duftschmid

37

LES SOURCES DE RAYONNEMENTS DANS L'UNION EUROPÉENNE

Un aperçu des mesures prises

Vittorio Ciani

42

ET SI JAMAIS ?

Orientations de la CIPR en matière d'exposition potentielle aux rayonnements

Jack Valentin

45

UN SIÈCLE DE DÉFIS

Aperçu historique des sources de rayonnements aux États-Unis

Joel O. Lubenau

49

RUBRIQUES DU BULLETIN DE L'AIEA

Actualités internationales...Données statistiques...Vacances de postes...

Publications...Réunions...PRC/Séminaires

55

RENFORCEMENT DE LA SÛRETÉ DES SOURCES DE RAYONNEMENTS ET DE LA SÉCURITÉ DES MATIÈRES RADIOACTIVES : DES INITIATIVES QUI S'IMPOSENT

ABEL J. GONZÁLEZ

Les sources de rayonnements et les matières radioactives à usage industriel, lorsqu'elles sont bien utilisées, constituent des outils utiles qui ne présentent pas de risques inacceptables pour les personnes ni pour l'environnement. De fait, leur application dans des domaines comme la médecine, l'industrie, l'agriculture et la recherche environnementale procure aux pays des avantages socio-économiques importants pour la réalisation des objectifs mondiaux en matière de développement durable.

Depuis près d'un demi-siècle, l'AIEA contribue à promouvoir, notamment dans le monde en développement, l'application de techniques qui mettent à profit les propriétés des rayonnements ionisants. En même temps, et cela est tout aussi important, elle a été, avec d'autres organismes, à l'origine de normes internationales concernant la protection des personnes contre l'exposition aux rayonnements, la sûreté des sources de rayonnements et la sécurité des matières radioactives. Ces normes, qui bénéficient d'un large appui, sont périodiquement examinées et révisées afin de tenir compte des dernières connaissances scientifiques relatives aux effets des rayonnements sur la santé humaine et l'environnement et des progrès techniques en matière de sûreté et de sécurité.

Cependant, bien que des normes internationales aient été mises en place et soient périodiquement renforcées, le tableau n'est guère rassurant. Il est malheureusement terni par les conséquences tragiques d'accidents mettant en jeu des

sources de rayonnements dangereuses, abandonnées, perdues, ou non soumises à un contrôle, y compris des cas de trafic illicite de sources radioactives, surtout dans les années 90.

Force est de constater qu'à travers le monde ces normes internationales – pourtant approuvées par les gouvernements – ne sont pas toujours adoptées et appliquées. Des événements montrent que trop de sources de rayonnements ne sont pas gérées ou contrôlées comme il le faudrait; que, trop souvent, les prescriptions de sûreté ne sont pas respectées, si tant est qu'elles existent et que, dans de trop nombreux cas, les gouvernements, auxquels incombe la responsabilité première de réglementer la sûreté et la sécurité des sources de rayonnements, n'ont pas l'infrastructure voulue pour assumer correctement ce rôle.

La Conférence internationale organisée en 1998 à Dijon (France) par l'AIEA, la Commission européenne, l'Organisation internationale de police criminelle (INTERPOL) et l'Organisation mondiale des douanes (OMD) a marqué un tournant dans la façon dont ces problèmes graves sont perçus dans le monde.

Ainsi mobilisés, les Etats sont prêts à prendre des mesures supplémentaires pour renforcer la coopération internationale en matière de sûreté et de sécurité. En mars 1999, les 35 membres du Conseil des gouverneurs de l'AIEA ont examiné la question. Un plan d'action diversifié, qui a été soumis au Conseil pour approbation sera présenté aux 129 Etats Membres de

l'Agence à la session de septembre 1999 de la Conférence générale. Il s'agit de prendre les initiatives qui s'imposent pour faire face à un problème mondial qui est encore largement occulté mais qui apparaît clairement.

Dans ce numéro du Bulletin de l'AIEA, on examine en détail les problèmes qui se posent à la communauté internationale ainsi que les mesures que les Etats prennent pour renforcer la sûreté et la sécurité des matières radioactives.

De nombreux accidents mettant en jeu des sources de rayonnements et des matières radioactives ont été signalés au cours des cinq dernières décennies. Des personnes sont mortes à la suite d'une surexposition aux rayonnements, tandis que d'autres, bien plus nombreuses, ont subi des lésions graves et parfois invalidantes. Dans certains cas, les dommages environnementaux connexes ont été importants et les mesures de restauration coûteuses.

Les accidents majeurs se caractérisent tous, d'une part, par une violation des prescriptions de sûreté ou de sécurité et, d'autre part, par le fait qu'ils auraient pu être évités si les Normes de sûreté internationales qui ont été élaborées et publiées à cet effet avaient été appliquées.

Des sources de rayonnements et des techniques connexes qui

M. González est Directeur de la Division de la sûreté radiologique et de la sûreté des déchets de l'AIEA.

SÛRETÉ ET SÉCURITÉ : DÉFINITIONS

Sûreté et *sécurité* – “safety” et “security” – sont deux termes distincts en anglais et en français, alors que, dans les autres langues principales, il n'existe qu'un seul terme pour désigner ces deux concepts. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce que beaucoup de gens se demandent quelle est en fait la différence entre sûreté et sécurité. Le dictionnaire leur serait de peu de secours en l'occurrence, car la définition de l'un des termes renvoie à la définition de l'autre et vice versa. Dans le contexte de la radioexposition, sûreté et sécurité désignent une combinaison de caractéristiques administratives, techniques et de gestion.

■ La **sûreté des sources de rayonnements** correspond aux caractéristiques qui réduisent la probabilité qu'une source pose un problème entraînant la surexposition d'individus.

■ La **sécurité des matières radioactives** correspond aux caractéristiques qui permettent d'empêcher toute possession non autorisée de matières radioactives en assurant qu'elles ne sont pas soustraites au contrôle ni indûment transférées.

La **sûreté** concerne tous les types de sources de rayonnements, à savoir les générateurs de rayonnements et

les matières radioactives. Les générateurs peuvent produire des rayonnements dont l'intensité est suffisante pour provoquer de graves conséquences radiologiques. De même, l'activité des matières radioactives, surtout lorsqu'elle est concentrée, peut entraîner des situations radiologiques graves.

La **sécurité** concerne en général uniquement les matières radioactives et non les autres sources de rayonnements, car les générateurs de rayonnements ionisants, tels que les appareils radiologiques et les accélérateurs, sont moins susceptibles de constituer une menace de ce point de vue. La sécurité des matières radioactives a principalement pour objet, d'une part, d'empêcher que des matières radioactives égarées ne nuisent à la santé des personnes et, d'autre part, d'empêcher que les matières radioactives qui sont également des matières fissiles spéciales, telles que l'uranium 235 et le plutonium 239, ne soient détournées de leur utilisation légale à des fins illégales ou criminelles. Dans les articles du présent *Bulletin de l'AIEA*, on s'est surtout intéressé au premier aspect. Toutefois, il convient de noter qu'un programme de l'AIEA est entièrement consacré à la sécurité des matières radioactives aux fins des garanties.

ont été conçues, approuvées et réglementées pour un usage industriel sont utilisées quotidiennement, et ce de façon sûre. Il peut s'agir soit de générateurs de rayonnements, comme des appareils de radiographie et des accélérateurs de particules, soit d'instruments et de dispositifs contenant des matières radioactives. Un grand nombre de sources sont scellées, les matières radioactives étant confinées ou fixées à l'intérieur d'une capsule ou d'un boîtier approprié; d'autres se présentent sous la forme de matières radioactives non scellées.

Des sources de rayonnements ne répondant pas aux prescriptions de sûreté ou de sécurité peuvent nuire à la santé humaine, le niveau de risque étant fonction de leurs caractéristiques. Les sources scellées ne présentent en principe qu'un risque de radioexposition externe. Toutefois, en cas d'endommagement ou de fuite, elles peuvent, comme les matières radioactives non scellées, être à l'origine d'une contamination de

l'environnement et de l'ingestion de substances radioactives par l'homme.

DÉTERMINATION DES PROBLÈMES

Les termes *sûreté* et *sécurité* désignent des aspects différents des problèmes qui se posent à l'échelle de la planète. (*Voir l'encadré ci-dessus*). La distinction est importante pour comprendre à la fois l'ampleur et la nature de ces problèmes et les mesures correctives que l'on peut effectivement prendre.

Sûreté des sources de rayonnements. Nombre d'accidents graves signalés sont liés à des manquements en matière de sûreté. Certains sont dus à un manque de fiabilité du matériel, d'autres à une mauvaise gestion ou à des erreurs humaines. Un grand nombre d'accidents mettent en évidence des problèmes de surveillance réglementaire au niveau national.

Il n'existe pas de base de données exhaustive répertoriant tous les accidents radiologiques survenus dans le monde. L'AIEA

a établi une liste des principaux accidents, à partir des cas qui ont été publiés (*voir les tableaux aux pages 14-15*). L'Agence a également analysé, avec l'aide des autorités locales, les causes et les conséquences d'un certain nombre d'accidents, puis publié ses conclusions en vue de favoriser l'échange de données d'expérience et la mise en pratique des enseignements tirés (*voir l'encadré aux pages 16-17*).

Sécurité des matières radioactives. Les atteintes à la sécurité des matières radioactives ont pour conséquence la perte, le vol, ou simplement l'abandon de ces matières. On ne connaît pas le nombre d'incidents de ce genre qui se produisent dans le monde. Toutefois, rien qu'aux Etats-Unis, environ 200 cas de perte, de vol ou d'abandon de sources radioactives sont signalés chaque année à la Commission de réglementation nucléaire (NRC). C'est beaucoup pour un pays où la réglementation est particulièrement stricte et dont l'organisme de réglementation est particulièrement efficace. De

**Saisies de sources radioactives
1993-1998**

PAR PAYS	Nombre	Pourcentage
	de cas	de cas
Allemagne	67	28,6
Fédération de Russie	52	22,1
Pologne	18	7,7
Ukraine	17	7,2
Lituanie	17	7,2
Turquie	14	6,0
Bulgarie	10	4,3
Estonie	8	3,4
République tchèque	7	3,0
Bélarus	6	2,6
Azerbaïdjan	3	1,3
Italie	3	1,3
Nouvelle-Zélande	1	0,4

PAR ÉLÉMENT RADIOACTIF	Nombre	Pourcentage
	de cas	de cas
Uranium	129	55,1
Césium	53	22,6
Plutonium	10	4,3
Radium	5	2,1
Américium	3	1,3
Autres	34	14,5

Source : Organisation mondiale des douanes

hauts responsables de la NRC pensent que tous les cas sont loin d'être signalés et que ceux qui le sont représentent seulement la partie émergée de l'iceberg.

Cette incertitude est liée aux sources dites "orphelines", c'est-à-dire celles qui échappent au contrôle réglementaire ou qui ont été perdues ou abandonnées. Ce phénomène touche tout particulièrement les industries du recyclage des métaux à travers le monde, car des sources orphelines peuvent être placées dans des déchets métalliques destinés au recyclage. Ceux qui les trouvent, attirés par le profit qu'ils peuvent en tirer, les vendent parfois comme métal de récupération à des ferrailleurs qui ne sont généralement pas conscients du fait qu'il s'agit de sources radioactives. Ainsi, ces sources orphelines intègrent le stock mondial des déchets métalliques qui, en raison de la récente ouverture des marchés, est devenu pratiquement incontrôlable. Plus

**Produits contaminés par des matières radioactives,
importés aux Etats-Unis**

Produit	Contaminant	Année	Provenance
Acier, fer	Cobalt 60	1984	Mexique
Acier	Cobalt 60	1984	Taiwan, Chine
Acier	Cobalt 60	1985	Brésil
Acier	Cobalt 60	1988	Italie
Acier	Cobalt 60	1991	Inde
Ferro-phosphore	Cobalt 60	1993	Kazakhstan
Acier	Cobalt 60	1994	Bulgarie
Poussière d'aciéries électriques	Césium 137	1995	Canada
Plomb	Plomb 210, bismuth 210, polonium 210	1996	Brésil
Acier	Cobalt 60	1998	Brésil

Source : Commission de réglementation nucléaire des Etats-Unis

de 2 300 cas de sources retrouvées dans des déchets métalliques sont enregistrés dans la base de données de la NRC. (Voir le tableau à la page 6). On découvre parfois que des sources de rayonnements ont été fondues lorsque l'on décèle des signes de contamination radioactive dans des marchandises déjà importées. La NRC a détecté un certain nombre de cas de ce genre. (Voir le tableau ci-dessus.)

En 1998, un incident s'est produit à Algésiras (Espagne). Des gaz, des aérosols et des particules radioactifs ont été relâchés dans l'atmosphère à la suite de la fusion d'une source et détectés dans toute l'Europe. Bien que cet incident mineur ait été rapidement signalé par les autorités espagnoles, la contamination atmosphérique qui en a résulté a suscité les craintes du public. Il n'existe pas de disposition internationale rendant obligatoire la déclaration de ce type d'événement, ni de registre international des cas de fusion suspectée de sources radioactives, de métaux contaminés ou de marchandises dont la contamination a été détectée. Là encore, les informations détenues par la NRC ne sont peut-être que la partie émergée d'un grand iceberg.

Bien que cette situation soit préoccupante, il est rassurant de

constater que le vol et la contrebande de matières radioactives à des fins malveillantes sont restés jusqu'ici des faits exceptionnels. Toutefois, l'utilisation de matières chimiques ou biologiques, voire de matières radioactives par de futurs terroristes n'est plus inconcevable.

Les gouvernements sont à juste titre de plus en plus préoccupés par le mouvement illicite de matières nucléaires et radioactives. Certaines matières sont saisies aux frontières, mais pas toutes, surtout lorsque les douaniers ne savent pas ce qu'ils doivent chercher et ne sont pas équipés en conséquence.

L'Organisation mondiale des douanes (OMD) a signalé 234 cas confirmés de saisie entre 1993 et 1998. (Voir le tableau ci-dessus). L'Organisation internationale de police criminelle (INTERPOL) est également active dans ce domaine. Une étude concernant essentiellement l'Europe a été menée pendant la période 1992-1994. Dans le cadre de son programme, l'AIEA tient également à jour une base de données sur les incidents signalés. (Voir l'encadré à la page 7).

Là encore, comme il est probable que toutes ces données ne reflètent que partiellement la situation, des recherches supplémentaires s'imposent.

LES RACINES DU PROBLÈME

La Conférence internationale sur la sûreté des sources de rayonnements et la sécurité des matières radioactives, tenue en septembre 1998, a joué un rôle décisif dans la prise de conscience internationale de ces questions. Les causes des problèmes et des préoccupations ont commencé à apparaître, de même que les prémices d'une action mondiale en vue de trouver une solution. (Voir l'encadré à la page 10). Pour certains spécialistes, il est étonnant que ces questions fassent maintenant l'objet d'un débat international. Pour d'autres, c'est l'aboutissement naturel d'une plus grande prise de conscience internationale.

Depuis sa création il y a 70 ans, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a publié une centaine de documents contenant des recommandations sur la protection contre les rayonnements ionisants qui ont été utilisés par des organismes nationaux et internationaux pour établir des normes de radioprotection, mais ce n'est que tout récemment que la CIPR a commencé à traiter spécifiquement le problème de la sûreté des sources de rayonnements.

Dans le système des Nations Unies, l'AIEA est devenue le chef de file en matière d'établissement de normes de sûreté, et elle a publié plus d'une centaine de documents sur la question. Toutefois, jusqu'à la parution des *Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements* (NFI), la sûreté des sources de rayonnements n'avait été traitée que de manière approximative dans les normes de l'AIEA. Quant à la question de la sécurité, elle n'avait même pas été abordée

dans les normes internationales jusqu'à la publication des NFI. Cependant, les prescriptions de sécurité qui ont été fixées revêtent un caractère général et ne sont guère quantifiées.

Base de référence pour la sûreté et la sécurité. Si l'on veut résoudre les problèmes de sûreté et de sécurité, on a besoin d'une base de référence pour en déterminer l'ampleur. Malgré leurs insuffisances en ce qui concerne la question de la sécurité, les NFI servent de référence internationale; elles visent essentiellement à promouvoir des approches internationales cohérentes de la radioprotection, de la sûreté radiologique et de la sécurité des matières radioactives. (Voir l'encadré à la page 10)

SUPPOSITIONS ET RÉALITÉS

Carence des pouvoirs publics. Il importe de souligner que les NFI n'imposent pas (et ne peuvent pas imposer) aux pouvoirs publics des obligations mais au contraire *présupposent* que ces derniers se sont acquittés des responsabilités qui leur incombent normalement en matière de sûreté et de sécurité. Comme il est indiqué dans le préambule des NFI, les Normes reposent sur l'hypothèse que les pouvoirs publics disposent d'une législation et d'une réglementation appropriées pour traiter les problèmes de sûreté des sources de rayonnements et de sécurité des matières radioactives et qu'ils ont mis en place un organisme de réglementation indépendant qui puisse soumettre les sources à autorisation, les inspecter et faire appliquer les prescriptions.

Les NFI supposent en fait que chaque pays possède un organisme de réglementation jouissant d'une réelle indépendance juridique et doté des pouvoirs et des ressources

nécessaires. Or, les organismes de réglementation des pays en développement se heurtent généralement au manque de ressources. Les NFI supposent également que les pouvoirs publics puissent fournir, directement ou indirectement, l'appui indispensable, notamment en offrant des services techniques (services de dosimétrie et d'étalonnage, par exemple) et des mécanismes d'échange d'informations et, bien entendu, en assurant la formation théorique et pratique du personnel.

Apparemment, aussi bien les spécialistes que les autorités étaient convaincus que toutes ces conditions préalables en matière de sûreté et de sécurité allaient en quelque sorte de soi et étaient automatiquement remplies. On supposait par exemple que tous les pays avaient mis en place des infrastructures de sûreté radiologique comprenant au moins un système de notification, d'enregistrement, d'autorisation et d'inspection des sources de rayonnements.

Or, on constate dans de nombreuses parties du monde que la plupart de ces suppositions étaient trop optimistes.

C'est une erreur de croire par exemple que tous les pays ont une législation appropriée en matière de sûreté des sources de rayonnements et de sécurité des matières radioactives et qu'ils disposent d'une réglementation adéquate. C'est une erreur de croire que, dans la plupart des pays, il existe un organisme de réglementation indépendant doté des pouvoirs nécessaires pour exécuter les tâches qui lui incombent. Enfin, c'est une erreur de croire que, lorsqu'un organisme de réglementation existe, il dispose toujours des ressources nécessaires.

Au cours de la dernière décennie, l'AIEA a créé le service

Fusion de matières radioactives : aperçu international

Année	Métal	Lieu	Isotope	Activité (GBq)
Depuis 1910 ^a	Or	New York	polonium 210, plomb 210, bismuth 210	Inconnue
1983	Acier	Auburn Steel, NY	cobalt 60	930
1983	Fer/Acier	Mexique ^b	cobalt 60	15 000
1983	Or	Inconnue, NY	américium 241	Inconnue
1983	Acier	Taiwan, Chine ^b	cobalt 60	> 740
1984	Acier	US Pipe & Foundry, AL	césium 137	0,37-1,9
1985	Acier	Brésil ^b	cobalt 60	Inconnue
1985	Acier	Tamco, CA	césium 137	56
1987	Acier	Florida Steel, FL	césium 137	0,93
1987	Aluminium	United Technology, IN	radium 226	0,74
1988	Plomb	ALCO Pacific, CA	césium 137	0,74-0,93
1988	Cuivre	Warrington, MO	accélérateur	Inconnue
1988	Acier	Italie ^b	cobalt 60	Inconnue
1989	Acier	Bayou Steel, LA	césium 137	19
1989	Acier	Cytemp, PA	thorium	Inconnue
1989	Acier	Italie	césium 137	1 000
1989	Aluminium	Fédération de Russie	Inconnu	Inconnue
1990	Acier	NUCOR Steel, UT	césium 137	Inconnue
1990	Aluminium	Italie	césium 137	Inconnue
1990	Acier	Irlande	césium 137	3,7
1991	Acier	Inde ^b	cobalt 50	7,4-20
1991	Aluminium	Alcan Recycling, TN	thorium	Inconnue
1991	Aluminium	Italie	césium 137	Inconnue
1991	Cuivre	Italie	américium 241	Inconnue
1992	Acier	Newport Steel, KY	césium 137	12
1992	Aluminium	Reynolds, VA	radium 226	Inconnue
1992	Acier	Border Steel, TX	césium 137	4,6-7,4
1992	Acier	Keystone Wire, IL	césium 137	Inconnue
1992	Acier	Pologne	césium 137	Inconnue
1992	Cuivre	Estonie/Fédération de Russie	cobalt 60	Inconnue
1993	Inconnue	Fédération de Russie	radium 226	Inconnue
1993	Acier (?)	Fédération de Russie	césium 137	Inconnue
1993	Acier	Auburn Steel, NY	césium 137	37
1993	Acier	Newport Steel, KY	césium 137	7,4
1993	Acier	Chaparral Steel, TX	césium 137	Inconnue
1993	Zinc	Southern Zinc, GA	uranium appauvri	Inconnue
1993	Acier	Kazakhstan ^b	cobalt 60	0,3
1993	Acier	Florida Steel, FL	césium 137	Inconnue
1993	Acier	Afrique du Sud ^c	césium 137	< 600 Bq/g
1993	Acier	Italie	césium 137	Inconnue
1994	Acier	Austeel Lemont, IN	césium 137	0,074
1994	Acier	US Pipe & Foundry, CA	césium 137	Inconnue
1994	Acier	Bulgarie ^b	cobalt 60	3,7
1995	Acier	Canada ^d	césium 137	0,2-0,7
1995	Acier	Rép. tchèque	cobalt 60	Inconnue
1995	Acier (?)	Italie	césium 137	Inconnue
1996	Acier	Suède	cobalt 60	87
1996	Acier	Autriche	cobalt 60	Inconnue
1996	Plomb	Brésil ^b	polonium 210, plomb 210, bismuth 210	Inconnue
1996	Aluminium	Bluegrass Recycling, KY	thorium 232	Inconnue
1997	Aluminium	White Salvage Co., TN	américium 241	Inconnue
1997	Acier	WCI, OH	cobalt 60	0,9 (?)
1997	Acier	Kentucky Electric, KY	césium 137	1,3
1997	Acier	Italie	césium 137/cobalt 60	200/37
1997	Acier	Grèce	césium 137	11 Bq/g
1997	Acier	Birmingham Steel, AL	césium 137/américium 241	7 Bq/g
1997	Acier	Brésil ^b	cobalt 60	< 0,2
1997	Acier	Bethlehem Steel, IN	cobalt 60	0,2
1998	Acier	Espagne	césium 137	> 37
1998	Acier	Suède	iridium 192	< 90

^a Multiples cas signalés, le plus ancien datant approximativement de 1910. ^b Produit contaminé exporté aux Etats-Unis.

^c Scories de vanadium contaminées, exportées en Autriche; détectées en Italie. ^d Sous-produit contaminé (poussière d'aciérie électrique) exporté aux Etats-Unis.

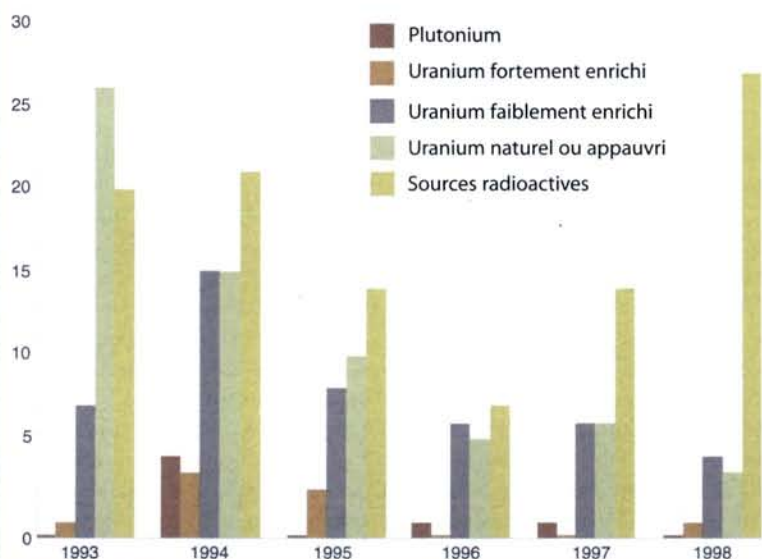
Source : Département de la protection de l'environnement de Pennsylvanie, J. Yusko, Etats-Unis (voir le tableau Etats-Unis, à la page 23). Rapports à l'AIEA.

TRAFIC ILLICITE DES MATIERES RADIOACTIVES

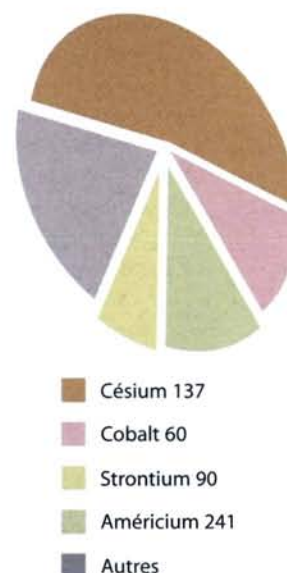
Dans le cadre de ses activités relatives à la sécurité des matières, l'AIEA tient à jour une base de données sur le trafic illégitime de matières nucléaires et radioactives. 60 Etats participent à ce programme. Au mois de juin 1999, la base de données contenait des informations sur plus de 320 incidents signalés, dont 265 ont été confirmés par des Etats.

La plupart des incidents confirmés concernent des matières ou des sources radioactives. Près de la moitié (129 cas) portent sur de l'uranium naturel, de l'uranium faiblement enrichi, de l'uranium appauvri ou du thorium. Environ 45 % (119 cas) portent sur des sources radioactives (césium 137, cobalt 60, américium 241 et strontium 90 notamment).

Incidents confirmés mettant en jeu des matières nucléaires et radioactives, par année
Janvier 1993 - Janvier 1999



Répartition des incidents mettant en jeu des matières radioactives
Janvier 1993 - Juin 1999



RAPAT – Equipes consultatives pour la radioprotection – pour servir d'outil de diagnostic. L'AIEA a été étonnée d'apprendre que, parmi les nombreux pays où des missions RAPAT se sont rendues, plus de 50 – soit près de la moitié des Etats Membres que l'AIEA comptait alors – ne disposaient pas de l'infrastructure de sûreté radiologique minimum.

En outre, il faut savoir qu'au moins 60 pays ne sont pas membres de l'AIEA et les experts présumant que la situation y est probablement aussi mauvaise, sinon pire.

Au total, plus de 110 Etats n'ont probablement pas l'infrastructure minimum requise pour surveiller correctement les sources de rayonnements – ce qui n'est guère rassurant. (Voir la

carte à la page 11). Pour faire face à cette situation, l'AIEA a commencé par mettre sur pied un projet de coopération technique énergétique et anticipatif qui est axé sur les principaux problèmes à résoudre. Ce projet modèle sur la radioprotection, qui est l'une des initiatives les plus ambitieuses de l'histoire de l'ONU visant à renforcer les infrastructures de sûreté radiologique des Etats où cela est le plus urgent, concerne 52 pays. Qui plus est, le Conseil des gouverneurs de l'AIEA a récemment décidé que l'Agence devait aussi veiller à l'application des NFI dans les Etats non membres, en faisant toutefois appel uniquement à des ressources extrabudgétaires.

Le projet modèle a mis en lumière une autre supposition

erronée qui s'était perpétuée on ne sait trop comment sur la base d'une illusion. On supposait à tort qu'une infrastructure de sûreté radiologique équivalait à une infrastructure juridique. Nombreux étaient ceux - y compris parmi les spécialistes - qui croyaient sincèrement que le problème dans bon nombre de pays tenait à l'absence d'une loi ou d'un régime juridique obligeant à exercer un contrôle approprié sur les sources de rayonnements et qui pensaient donc implicitement qu'un instrument juridique résoudrait le problème. C'était – et c'est toujours – une grave erreur.

Même après la promulgation d'une loi dans un pays donné, l'infrastructure de sûreté radiologique reste ce qu'elle est.

NORMES FONDAMENTALES INTERNATIONALES



En vertu du Statut de l'AIEA, les Etats ont chargé l'Agence de mettre au point des normes internationales de protection sanitaire contre l'exposition aux rayonnements ionisants et de veiller à l'application de celles-ci. De telles normes sont en vigueur depuis le début des années 60.

Au début des années 90, l'ensemble des normes fondamentales, après un examen et une révision exhaustifs, ont été publiées en tant que *Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements* – les NFI. (Voir le *Bulletin de l'AIEA*, Vol. 36, n° 2, 1994.) Les NFI tiennent compte des dernières recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), organisme scientifique non gouvernemental reconnu où siègent des experts de haut niveau.

De nombreuses organisations internationales compétentes se sont jointes à l'AIEA pour coparrainer les NFI, dont l'édition actuelle a été publiée par l'Agence en 1996 en tant que n° 115 de la Collection Sécurité. Il s'agit de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), de l'Organisation internationale du Travail (OIT), de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN/OCDE), de l'Organisation panaméricaine de la santé (OPS) et de l'Organisation

mondiale de la santé (OMS). A l'époque, la question de la sécurité des matières radioactives n'a pas été traitée de manière exhaustive. Si elle l'avait été, d'autres organisations internationales, notamment l'Organisation mondiale des douanes et l'Organisation internationale de police criminelle (INTERPOL), auraient également été invitées à coparrainer les NFI.

En gros, les NFI visent à assurer :

■ La protection des personnes et de la population dans son ensemble contre les risques de radioexposition résultant des utilisations normales des sources de rayonnements;

■ La sûreté des sources de rayonnements afin de prévenir les accidents et, en cas d'accident, d'en atténuer les conséquences;

■ La sécurité des matières radioactives afin d'empêcher que leur utilisation échappe au contrôle.

Dans l'ensemble, les normes internationales ont connu un grand succès. Elles contribuent à assurer que les travailleurs sous rayonnements et le public en général ne reçoivent que de très faibles doses du fait de l'utilisation normale des sources de rayonnements. L'application du principe d'optimisation de la radioprotection afin de maintenir les doses au niveau le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre (principe ALARA), parallèlement à une limitation rigoureuse des doses individuelles, a permis de réduire considérablement les doses de rayonnements.

Un tel changement formel donne l'illusion d'une solution; en réalité, l'existence d'un cadre juridique est une condition parfois nécessaire mais jamais suffisante pour pouvoir exercer un contrôle approprié sur les sources de rayonnements. Par contre, le fait de disposer de compétences (grâce à la formation théorique et pratique), de ressources et surtout de l'appui des pouvoirs publics est une condition non seulement nécessaire mais aussi presque suffisante pour réaliser de véritables progrès.

La question se pose alors de savoir jusqu'à quel point on peut demander aux pouvoirs publics d'assumer leurs responsabilités nationales? Le moment est peut-être venu d'envisager comme réponse un engagement

international à caractère contraignant, qui montrerait que l'existence préalable d'infrastructures nationales de sûreté radiologique est indispensable pour garantir la sûreté des sources de rayonnements et la sécurité des matières radioactives.

Non-respect des prescriptions de sûreté. Les NFI contiennent un certain nombre de prescriptions intéressant la sûreté et la sécurité, appelées prescriptions administratives, prescriptions techniques, prescriptions de gestion et prescriptions de vérification.

A la lumière des enseignements de ces dernières années, il semblerait que les *prescriptions administratives*, que l'on considérerait au départ comme secondaires – pour la

simple raison qu'elles paraissent si évidentes – soient devenues très importantes. Ces prescriptions sont extrêmement simples : les NFI supposent qu'il existe dans chaque pays un système de notification, d'enregistrement et d'autorisation des sources de rayonnements, ainsi qu'un mécanisme d'inspections réglementaires pour faire respecter ces prescriptions.

On a vu qu'une prescription allant de soi dans de nombreux pays développés peut ne pas être respectée dans bien d'autres régions du monde. En fait, comme on n'est même pas conscient de la nécessité de respecter cette prescription dans de nombreux pays, les autorités ignorent combien de sources il y a sur leur territoire et où elles se

RENFORCEMENT DE LA SURETE DES SOURCES DE RAYONNEMENTS ET DE LA SECURITE DES MATIERES RADIOACTIVES

Plus d'une centaine de pays dans le monde n'assureraient pas un contrôle efficace de leurs sources de rayonnements et de leurs matières radioactives. La plupart n'ont pas l'infrastructure requise. Il y a quelques années, l'AIEA a envoyé des missions d'experts (RAPAT) dans 62 pays pour y examiner les problèmes de radioprotection. A la lumière des conclusions des missions RAPAT, l'AIEA a lancé un projet modèle de coopération technique concernant 52 pays – dont un grand nombre avait accueilli des missions d'experts – en vue de renforcer les capacités et les infrastructures nationales de sûreté et de sécurité. On notera qu'une soixantaine de ces pays ne sont pas membres de l'AIEA.

Projet modèle et missions RAPAT

Albanie, Arabie Saoudite, Bangladesh, Bolivie, Cameroun, Colombie, Costa Rica, Côte d'Ivoire, El Salvador, Emirats arabes unis, Ethiopie, Ghana, Guatemala, Jamaïque, Liban, Madagascar, Maurice, Mongolie, Myanmar, Nicaragua, Niger, Nigeria, Panama, Paraguay, République Arabe Syrienne, République démocratique du Congo (à l'époque, Zaïre), République Dominicaine, Sénégal, Soudan, Sri Lanka, Viet Nam

Missions RAPAT

Albanie, Arabie Saoudite, Bangladesh, Bolivie, Cameroun, Chili, Chine, Colombie, Corée (République de), Costa Rica, Côte d'Ivoire, Croatie, Cuba, Equateur, Egypte, El Salvador, Emirats arabes unis, Ethiopie, Ghana, Grèce, Guatemala, Hong Kong (1991), Indonésie, Iran, Iraq, Islande, Jamahiriya Arabe Libyenne, Jamaïque, Kenya, Koweït, Liban, Madagascar, Maroc, Maurice, Mexique, Mongolie, Myanmar, Nicaragua, Niger, Nigeria, Panama, Paraguay, Pérou, Philippines, Pologne, Portugal, République Arabe Syrienne, République démocratique du Congo (à l'époque, Zaïre), République Dominicaine, République populaire démocratique de Corée, Roumanie, Sénégal, Sri Lanka, Soudan, Tanzanie, Thaïlande, Turquie, Uruguay, Venezuela, Viet Nam, Zambie

Coopération technique de l'AIEA Projet modèle

Albanie, Arabie Saoudite, Arménie, Bangladesh, Bélarus, Bolivie, Bosnie-Herzégovine, Cameroun, Colombie, Costa Rica, Côte d'Ivoire, Chypre, El Salvador, Emirats arabes unis, Estonie, Ethiopie, Gabon, Géorgie, Ghana, Guatemala, Jamaïque, Jordanie, Kazakhstan, Lettonie, L'ex-République yougoslave de Macédoine, Liban, Lituanie, Madagascar, Mali, Maurice, Mongolie, Myanmar, Namibie, Nicaragua, Niger, Nigeria, Panama, Paraguay, Qatar, République Arabe Syrienne, République de Moldova, République démocratique du Congo, République Dominicaine, Sénégal, Sri Lanka, Soudan, Ouganda, Ouzbékistan, Viet Nam, Yémen, Zimbabwe

Etats non membres

Andorre, Angola, Antigua-et-Barbuda, Azerbaïdjan, Bahamas, Barbade, Belize, Bahreïn, Bhoutan, Botswana, Brunéi-Darussalam, Burundi, Cap-Vert, Comores, Djibouti, Dominique, Erythrée, Fidji, Gambie, Grenade, Guinée, Guinée-Bissau, Guinée équatoriale, Guyana, Honduras (demande soumise à approbation), Iles Salomon, Kirghizistan, Lesotho, Malawi, Maldives, Mauritanie, Micronésie, Mozambique, Népal, Oman, Palau, Papouasie-Nouvelle-Guinée, République centrafricaine, République démocratique populaire lao, République populaire démocratique de Corée (depuis 1994), Rwanda, Saint-Christophe-et-Nièves, Saint-Marin, Saint-Vincent-et-Grenadines, Sainte-Lucie, Samoa, Sao Tomé-et-Principe, Seychelles, Somalie, Suriname, Swaziland, Tadjikistan, Tchad, Togo, Trinité-et-Tobago, Turkménistan, Vanuatu

trouvent. Il s'ensuit bien sûr que ces sources ne sont soumises à aucun contrôle.

Les NFI mettent en outre l'accent sur deux *prescriptions techniques* : la défense en profondeur et la bonne pratique technique. On entend par défense en profondeur un dispositif de sûreté à plusieurs niveaux qui a pour objet de

prévenir les accidents, d'en atténuer les conséquences et de faire en sorte que les sources redeviennent sûres. La majorité des accidents qui se sont produits ont révélé une faille dans le système de défense en profondeur. Il convient de noter que les nouvelles recommandations de la CIPR sur les risques d'exposition

contribuent à mieux quantifier la défense en profondeur.

En ce qui concerne la bonne pratique technique, les NFI supposent que les sources sont toujours fiables, qu'elles ont été construites conformément à des normes techniques approuvées, avec des marges de sûreté suffisantes et - ce qui est très important - qu'elles tiennent

compte des résultats de la recherche-développement, autrement dit, que leurs caractéristiques ne sont pas figées.

Or, on constate une absence de bonne pratique technique, notamment dans le monde en développement. Au contraire, essentiellement pour des raisons financières, l'improvisation et l'utilisation de matériel et de logiciels informatiques "piratés" sont monnaie courante, ce qui augmente les risques d'accidents.

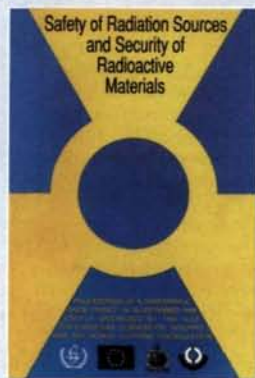
Les prescriptions de gestion des NFI prévoient l'instauration d'une "culture de sûreté". Cette prescription s'est révélée difficile à concrétiser, en partie parce que le concept n'est guère traduisible dans bon nombre de langues. Il est employé essentiellement pour souligner que la sûreté devrait être la priorité absolue dans les organismes manipulant des sources de rayonnements, lesquels devraient s'engager à recenser et à corriger rapidement les problèmes, et que les responsabilités devraient être bien

définies, non seulement dans ces organismes, mais aussi dans les organismes gouvernementaux qui contrôlent l'utilisation des sources. Les responsabilités en matière de prise des décisions concernant la sûreté et la sécurité devraient aussi être clairement définies, ce qui n'est généralement pas le cas, notamment dans le domaine médical, où il n'est pas rare que les dirigeants d'hôpitaux ignorent les conditions de sûreté qui règnent dans leurs services de radiologie et de médecine nucléaire. Le problème de la culture de sûreté – ou de son absence – se pose avec acuité dans les Etats nouvellement indépendants (ENI), qui manquent manifestement de tradition et d'expérience en matière de réglementation des sources de rayonnements. Dans ces pays ainsi que dans d'autres, on relève également des lacunes dans les domaines de l'assurance de la qualité, de la formation du personnel et de la vérification du respect des prescriptions de sûreté.

Prescriptions de sécurité réduites. A l'heure actuelle, les prescriptions de sécurité énoncées dans les NFI sont minimales. Cela n'est guère surprenant, car les NFI traduisent un consensus international et, dans de nombreuses réglementations nationales, la question n'est même pas abordée. Ces prescriptions visent essentiellement à prévenir le vol, l'endommagement et l'utilisation non autorisée des sources en faisant en sorte que celles-ci ne soient pas soustraites au contrôle ni transférées à des utilisateurs non autorisés et que des inventaires soient dressés à intervalles réguliers, notamment pour les sources mobiles.

En l'absence de prescriptions réglementaires, on s'est efforcé récemment de s'attaquer aux effets et non aux causes de l'absence de sécurité. Un certain nombre de programmes sur le trafic illicite de matières radioactives et nucléaires sont mis en oeuvre à l'AIEA et ailleurs.

UN TOURNANT AU NIVEAU INTERNATIONAL



La Conférence internationale sur la sûreté des sources de rayonnements et la sécurité des matières radioactives, qui a été organisée à Dijon (France) en 1998 par l'Agence, la Commission européenne, l'Organisation mondiale des douanes et l'Organisation internationale de police

criminelle, a marqué un tournant car elle a suscité une plus grande prise de conscience internationale dans ce domaine. Ses principales conclusions - fondées sur le résumé du Président du Comité du programme de la Conférence, M. Dan J. Beninson, ancien Président de la Commission internationale de protection radiologique - sont notamment les suivantes :

Les sources de rayonnements ionisants doivent bénéficier d'une protection suffisante pour permettre des opérations normales sûres.

La possibilité d'expositions accidentelles dues à des sources de rayonnements doit être anticipée, et des dispositifs et procédures de sûreté appropriés doivent être en place. A cet égard, les défauts de conception et de construction des sources de rayonnements doivent être corrigés; il faut promouvoir un haut degré de culture de sûreté dans la manipulation des sources de rayonnements; les infrastructures réglementaires de contrôle des sources de rayonnements doivent être soutenues par les gouvernements; l'organisme de réglementation de chaque pays doit assurer un suivi de toutes les sources de rayonnements se trouvant dans le pays - y compris celles qui ont été importées, et doit pouvoir agir indépendamment.

Il ne faut pas laisser les sources de rayonnements sortir du système de contrôle réglementaire. Cela signifie que l'organisme de réglementation doit tenir des dossiers à jour sur le responsable de chaque source,

On ne peut pas toutefois régler ce problème en contrôlant le trafic illicite aux frontières ou en demandant à la police de trouver des sources. On ne pourra le faire que lorsque des systèmes nationaux seront en place pour assurer que les sources ne sont pas soustraites au contrôle ni transférées à des utilisateurs non autorisés et que des inventaires sont dressés à intervalles réguliers.

Comme cela n'est pas le cas actuellement, il importe que l'Agence apporte un concours et une assistance accrues aux services des douanes et à la police, dans le cadre de ses efforts de coopération dans ce domaine.

DES INITIATIVES QUI S'IMPOSENT POUR ALLER DE L'AVANT

L'adoption par un Etat des prescriptions énoncées dans les Normes fondamentales internationales (NFI) est une mesure nécessaire mais pas suffisante pour garantir la sûreté

et la sécurité. Ce qui compte avant tout, ce n'est pas l'existence de normes, mais leur application. Au cours des dernières années, l'Agence a redoublé d'efforts pour que les normes internationales de sûreté soient appliquées dans les Etats qui ont besoin d'une assistance.

Ses activités s'inscrivent dans le cadre des programmes relatifs aux infrastructures réglementaires, aux examens par des confrères des programmes réglementaires, à la formation théorique et pratique, à l'établissement d'une base de données sur les événements radiologiques inhabituels, à l'élaboration de plans et de mesures d'urgence et à la gestion des sources de rayonnements retirées du service.

L'AIEA a notamment mis au point, dans le cadre d'un Projet modèle, un système d'information des autorités de réglementation qui est actuellement appliqué pour la gestion des programmes réglementaires dans les Etats

Membres qui participent à ce projet (voir l'encadré à la page 13).

L'Agence est en train de renforcer son action et de lancer de nouvelles initiatives pour faire face aux questions et aux problèmes fondamentaux qui ont été soulevés en 1998 à Dijon (France), lors d'une Conférence internationale qui a fait date. La Conférence générale de l'AIEA, en septembre 1998, et le Conseil des gouverneurs, en mars 1999, ont souligné qu'il était important d'agir en temps voulu.

S'agissant de la question des engagements gouvernementaux juridiquement contraignants, le Directeur général de l'AIEA, M. Mohamed ElBaradei, a proposé en mars au Conseil des gouverneurs de lancer des discussions exploratoires à propos d'un engagement international dans le domaine de la sûreté des sources de rayonnements et de la sécurité des matières radioactives. Le Conseil ne s'y est pas opposé, mais certains de ses membres ont estimé qu'il était trop ambitieux

surveiller les transferts de sources et garder la trace du devenir de chaque source à la fin de sa vie utile.

Il faut s'efforcer de trouver les sources de rayonnements qui ne sont pas inscrites à l'inventaire tenu par l'organisme de réglementation, soit qu'elles se trouvaient dans le pays avant que l'inventaire ne soit établi, soit qu'elles n'aient jamais fait l'objet d'une autorisation spécifique ou qu'elles aient été perdues, abandonnées ou volées (il s'agit des sources "orphelines").

Comme il y a beaucoup de sources "orphelines" dans le monde, il convient d'intensifier les efforts visant à améliorer la détection des matières radioactives qui traversent les frontières nationales et sont transportées à l'intérieur des pays en procédant à des mesures radiologiques et en recueillant des renseignements sur ces matières. Il faut optimiser les techniques de détection, et l'obtention d'un accord international sur les niveaux quantitatifs qui déclencheraient des enquêtes aux passages de frontières éviterait la confusion.

Élément commun essentiel qui aurait le plus grand rôle à jouer, tant pour ce qui est d'éviter les sources

"orphelines" - et les risques connexes d'utilisation abusive ou d'accident - que pour ce qui est de créer et de maintenir des conditions de sûreté et de sécurité des opérations, est le fonctionnement efficace d'un organisme national de réglementation dans le cadre d'infrastructures nationales appropriées.

Les gouvernements sont instamment invités à créer, s'il n'en existe pas encore, des organismes de réglementation responsables des sources de rayonnements. Les gouvernements doivent fournir à ces organismes un appui suffisant et les doter des ressources humaines et financières nécessaires pour leur permettre de fonctionner efficacement. Ce n'est qu'ainsi que le problème de la sûreté des sources de rayonnements et de la sécurité des matières radioactives pourra être attaqué à la racine et finira par être maîtrisé.

D'autres efforts doivent être faits pour étudier s'il est possible de mettre en place des mécanismes internationaux concernant le fonctionnement efficace des systèmes nationaux de contrôle réglementaire qui seraient susceptibles de bénéficier d'une large adhésion.

pour l'instant d'envisager une convention internationale. Selon eux, d'autres types d'instruments, par exemple *un code de conduite*, seraient plus faciles à mettre en place.

Le Conseil a approuvé les principaux éléments d'un *Plan d'action* qui devait être soumis à son approbation et à celle de la Conférence générale en septembre 1999.

Le Plan d'action. Un projet de Plan d'action a été élaboré à la fin de mai 1999 au cours d'une réunion de consultants tenue à Prague (République tchèque), puis examiné et amélioré pendant une réunion de comité technique qui a eu lieu à Vienne en juillet 1999 sous la présidence de Mme Mary Clark, de l'Agence des Etats-Unis pour la protection de l'environnement, et à laquelle ont participé des représentants de l'Allemagne, de l'Australie, du Canada, de la Chine, de l'Egypte, de l'Espagne, des Etats-Unis, de la Finlande, de la France, de l'Islande, de l'Inde, d'Israël, de la République tchèque, du Royaume-Uni, de la Turquie et de l'Ukraine, ainsi qu'un observateur de la Commission européenne.

Les initiatives envisagées se répartissent en sept domaines : infrastructures réglementaires, gestion des sources retirées du service, catégorisation des sources, réponse aux événements anormaux, échange d'informations, formation théorique et pratique et engagements internationaux. Quant au calendrier, les activités seront menées en trois étapes et commenceront dès que le Plan sera adopté.

Les principales activités prévues sont les suivantes :

Infrastructures réglementaires

■ Mettre en place des services pour conseiller les Etats sur l'élaboration de programmes réglementaires appropriés.

Gestion des sources retirées du service

■ Elaborer des documents sur des aspects particuliers de la manipulation et du stockage définitif des sources radioactives retirées du service;

■ Organiser des consultations et des ateliers sur les aspects techniques, commerciaux, juridiques et réglementaires de la réexpédition aux fabricants des sources retirées du service et sur la gestion des sources radioactives et des équipements contenant de telles sources.

Catégorisation des sources

■ Elaborer un document sur la catégorisation des sources en fonction des risques d'exposition et de contamination radioactive qu'elles présentent.

Réponse aux événements anormaux

■ Etablir des recommandations sur les stratégies et les programmes nationaux pour la détection et la localisation des "sources orphelines" et pour leur gestion ultérieure, ainsi que des critères pour la mise au point, la sélection et l'utilisation de matériel de détection et de surveillance aux postes frontières et dans les ports, les dépôts de ferraille et d'autres installations;

■ Développer les capacités nationales d'intervention pour faire face aux urgences radiologiques;

■ Renforcer les moyens dont dispose actuellement l'Agence pour fournir une assistance en cas d'urgence.

Echange d'informations

■ Organiser une conférence internationale sur le contrôle des sources de rayonnements et des matières radioactives par les autorités nationales et des ateliers régionaux sur des sujets d'actualité précis;

■ Constituer une base de données internationale sur les "sources orphelines" perdues et trouvées;

■ Finir de mettre au point et tenir à jour la base de données internationale sur les événements radiologiques inhabituels et la mettre à la disposition des Etats Membres;

■ Constituer un ensemble de données sur les caractéristiques des sources et des dispositifs contenant des sources, y compris les conteneurs de transport, et diffuser ces informations, en considérant l'opportunité de le faire au moyen d'Internet.

■ Intensifier les activités de formation théorique postuniversitaire et mettre au point de façon systématique des syllabus et du matériel didactique pour des groupes cibles spécifiques et pour des utilisations bien précises des sources de rayonnements et des matières radioactives.

Engagements internationaux

■ Organiser une réunion d'experts techniques et juridiques pour des discussions exploratoires relatives à un engagement international dans le domaine de la sûreté des sources de rayonnements et de la sécurité des matières radioactives.

PERSPECTIVES

Tout au long de son histoire, l'AIEA a adapté ses programmes aux nouveaux défis et aux possibilités nouvelles qui avaient une incidence sur le développement sûr de techniques nucléaires et radiologiques à des fins pacifiques. Les initiatives qu'elle a lancées pour aider les pays à renforcer la sûreté et la sécurité des sources de rayonnements et des matières radioactives mettent l'accent sur l'amélioration des capacités nationales de réglementer et de contrôler ces sources et ces matières de manière efficace, en donnant la priorité à celles qui présentent les risques potentiels les plus importants. Elles

UN INSTRUMENT DE SUIVI : LE SYSTEME D'INFORMATION DES AUTORITES DE REGLEMENTATION

Dans le cadre de ses travaux visant à renforcer la sûreté radiologique et la sécurité des matières, l'AIEA a mis au point un système informatisé de suivi et de gestion à l'intention des autorités de réglementation de ses Etats Membres. Le système d'information des autorités de réglementation (RAIS) se compose des cinq modules suivants, qui sont suffisamment souples pour convenir à différents types de programmes réglementaires :

MODULE 1: INVENTAIRE DES SOURCES DE RAYONNEMENTS ET DES INSTALLATIONS

- Répertorie toutes les sources de rayonnements au sein d'une installation, classées par type de pratique
- Couvre les installations utilisant un certain type de matériel ou une pratique spécifique
- Couvre les sources de rayonnements multiples
- Suit une source jusqu'à ce qu'elle soit retournée au fournisseur ou traitée comme déchet radioactif

MODULE 2: AUTORISATION

- Suit la situation administrative des installations, de la demande initiale jusqu'à l'autorisation, y compris les inspections avant la mise en service
- Couvre les autorisations concernant les transferts de sources de rayonnements d'une installation à l'autre
- Permet aux autorités de réglementation de délivrer des documents d'autorisation au moyen du RAIS

MODULE 3: INSPECTION ET EXECUTION

- Inspections effectuées dans des délais spécifiés
- Inspections à effectuer ultérieurement
- Facilite la surveillance des mesures d'exécution et des délais
- Permet à l'autorité de réglementation d'établir des rapports d'inspection au moyen du RAIS

MODULE 4: SURVEILLANCE DES DOSES INDIVIDUELLES

- Etablit des estimations de la dose effective aux travailleurs à partir des doses équivalentes individuelles mesurées
- Répertorie les doses aux travailleurs de chaque installation
- Calcule les doses totales pour les travailleurs employés dans plusieurs installations
- Stocke les relevés de dose des travailleurs

MODULE 5: INDICATEURS DE PERFORMANCE

INDICATEURS CONCERNANT LES AUTORITES DE REGLEMENTATION

- Répertorie les autorisations traitées
- Indique le temps moyen de traitement d'un dossier d'autorisation, par pratique
- Répertorie les inspections, par pratique, par région ou par inspecteur; les mesures d'exécution; et les actions en cours, avec les délais

INDICATEURS CONCERNANT LES TITULAIRES D'AUTORISATIONS

- Indique les doses professionnelles moyennes par pratique et les doses dépassant les contraintes de dose des niveaux d'investigation
- Stocke des données rétrospectives sur les incidents et les cas de non-respect
- Stocke des données rétrospectives sur les mesures d'exécution

AUTRES INFORMATIONS CONCERNANT LES ACTIVITES NATIONALES

- Répertorie les cours agréés concernant la radioprotection et les participants
- Répertorie les professionnels de la radioprotection et d'autres experts
- Répertorie les autorisations personnelles, par pratique
- Stocke des données sur les dispositions concernant les cas d'urgence, les conventions, etc.

accordent en particulier une large place aux sources orphelines, qui pourraient se compter par milliers. Dans bien des cas, les pays auront besoin d'une assistance pour localiser ces sources et les gérer dans de bonnes conditions de sûreté.

Jusqu'aux années 50, on n'utilisait généralement que des radionucléides d'origine naturelle, notamment le radium 226. Depuis, la situation a radicalement changé et de

nombreux radionucléides artificiels sont devenus des produits commerciaux que l'on utilise avec profit dans l'industrie, la médecine et dans d'autres domaines. Il faut réduire les risques associés à leur utilisation et se protéger de leurs effets nuisibles en *appliquant* des normes de sûreté radiologique appropriées.

Les initiatives mondiales prévues dans le plan d'action pluriannuel susmentionné renforcent les facteurs de progrès

en matière de sûreté. Elles visent à assurer au siècle prochain un appui et une assistance accrues aux autorités nationales responsables des sources de rayonnements et des matières radioactives.

Le renforcement progressif des capacités nationales se traduira par une amélioration de la situation mondiale en matière de sûreté radiologique et de sécurité des matières qui ne pourra être que bénéfique à la planète tout entière. □

Les principaux accidents radiologiques (1945-1999)

Année	Lieu	Source	Dose (ou incorporation de matières radioactives)	Surexpositions ^a	Décès
1945/46	Los Alamos, E.-U.	Criticité	Jusqu'à 13 Gy (rayonnements mixtes ^b)	10	2
1952	Argonne, E.-U.	Criticité	0,1 - 1,6 Gy (rayonnements mixtes ^b)	3	
1953	URSS	Réacteur expérimental	3,0 - 4,5 Gy (rayonnements mixtes ^b)	2	
1953	Melbourne, Australie	Cobalt 60	Inconnue	1	
1955	Hanford, E.-U.	Plutonium 239	Inconnue	1	
1958	Oak Ridge, E.-U.	Criticité (installation Y-12)	0,7 - 3,7 Gy (rayonnements mixtes ^b)	7	
1958	Vinča, Yougoslavie	Réacteur expérimental	2,1 - 4,4 Gy (rayonnements mixtes ^b)	8	
1958	Los Alamos, E.-U.	Criticité	0,35 - 45 Gy (rayonnements mixtes ^b)	3	
1959	Johannesburg, Afrique du Sud	Cobalt 60	Inconnue	1	
1960	E.-U.	Faisceau d'électrons	7,5 Gy (locale)	1	
1960	Madison, E.-U.	Cobalt 60	2,5 - 3 Gy	1	
1960	Lockport, E.-U.	Rayons X	(Jusqu'à 12 Gy, non uniforme)	6	
1960	URSS	Césium 137 (suicide)	environ 15 Gy	1	1
1960	URSS	Bromure de radium (ingestion)	74 MBq		1 (4 ans plus tard)
1961	URSS	Accident de sous-marin	1,0 - 50,0 Gy	> 30	8
1961	Miamisburg, E.-U.	Plutonium 238	Inconnue	2	
1961	Miamisburg, E.-U.	Polonium 210	Inconnue	4	
1961	Suisse	Hydrogène 3	3 Gy	3	1
1961	Idaho Falls, E.-U.	Explosion dans un réacteur	Jusqu'à 3,5 Gy	7	3
1961	Plymouth, R.-U.	Rayons X	Surdose locale	11	
1961	Fontenay-aux-Roses, France	Plutonium 239	Inconnue	1	
1962	Richland, E.-U.	Criticité	Inconnue	2	
1962	Hanford, E.-U.	Criticité	0,2 - 1,1 Gy (rayonnements mixtes ^b)	3	
1962	Mexico, Mexique	Capsule de cobalt 60	9,9 - 52 Sv	5	4
1962	Moscou, URSS	Cobalt 60	3,8 Gy (non uniforme)	1	
1963	Chine	Cobalt 60	0,2 - 80 Gy	6	2
1963	Saclay, France	Faisceau d'électrons	Inconnue (locale)	2	
1964	Allemagne, Rép. féd. d'	Hydrogène 3	10 Gy	4	1
1964	Rhode Island, E.-U.	Criticité	0,3 - 46 Gy (rayonnements mixtes ^b)	4	1
1964	New York, E.-U.	Américium 241	Inconnue	2	
1965	Rockford, E.-U.	Accélérateur	> 3 Gy (locale)	1	
1965	Etats-Unis	Diffractomètre	Inconnue (locale)	1	
1965	Etats-Unis	Spectromètre	Inconnue (locale)	1	
1965	Mol, Belgique	Réacteur expérimental	5 Gy (totale)	1	
1966	Portland, E.-U.	Phosphore 32	Inconnue	4	
1966	Leechburg, E.-U.	Plutonium 235	Inconnue	1	
1966	Pennsylvanie, E.-U.	Or 198	Inconnue	1	1
1966	Chine	"Zone contaminée"	2 - 3 Gy	2	
1966	URSS	Réacteur expérimental	3,0 - 7,0 Gy (totale)	5	
1967	Etats-Unis	Iridium 192	0,2 Gy, 50 Gy (locale)	1	
1967	Bloomsburg, E.-U.	Américium 241	Inconnue	1	
1967	Pittsburgh, E.-U.	Accélérateur	1 - 6 Gy	3	
1967	Inde	Cobalt 60	80 Gy (locale)	1	
1967	URSS	Installation de diagnostic médical (rayons X)	50,0 Gy (locale, tête)	1	1 (7 ans plus tard)
1968	Burbank, E.-U.	Plutonium 239	Inconnue	2	
1968	Wisconsin, E.-U.	Or 198	Inconnue	1	1
1968	Allemagne, Rép. féd. d'	Iridium 192	1 Gy	1	
1968	La Plata, Argentine	Césium 137	locale, 0,5 Gy (totalité du corps)	1	
1968	Chicago, E.-U.	Or 198	4 - 5 Gy (moelle osseuse)	1	1
1968	Inde	Iridium 192	130 Gy (locale)	1	
1968	URSS	Réacteur expérimental	1,0 - 1,5 Gy	4	
1968	URSS	Installation d'irradiation au cobalt 60	1,5 Gy (locale, tête)	1	
1969	Wisconsin, E.-U.	Strontium 85	Inconnue	1	
1969	URSS	Réacteur expérimental	5,0 Sv (totale) non uniforme	1	
1969	Glasgow, R.-U.	Iridium 192	0,6 Gy	1	
1970	Australie	Rayons X	4 - 45 Gy (locale)	2	
1970	Des Moines, E.-U.	Phosphore 32	Inconnue	1	
1970	Etats-Unis	Spectromètre	Inconnue (locale)	1	
1970	Erwin, E.-U.	Uranium 235	Inconnue	1	
1971	Newport, E.-U.	Cobalt 60	30 Gy (locale)	1	
1971	Royaume-Uni	Iridium 192	30 Gy (locale)	1	
1971	Japon	Iridium 192	0,2 - 1,5 Gy	4	
1971	Oak Ridge, E.-U.	Cobalt 60	1,3 Gy	1	
1971	URSS	Réacteur expérimental	7,8; 8,1 Sv	2	
1971	URSS	Réacteur expérimental	3,0 totale	3	
1972	Chicago, E.-U.	Iridium 192	100 Gy (locale)	1	
1972	Peach Bottom, E.-U.	Iridium 192	300 Gy (locale)	1	
1972	Allemagne	Iridium 192	0,3 Gy	1	
1972	Rép. féd. d'Chine	Cobalt 60	0,4 - 5,0 Gy	20	
1972	Bulgarie	Capsules de césium 137 (suicide)	> 200 Gy (locale, thorax)	1	1
1973	Etats-Unis	Iridium 192	0,3 Gy	1	
1973	Royaume-Uni	Ruthénium 106	Inconnue	1	
1973	Tchécoslovaquie	Cobalt 60	1,6 Gy	1	
1974	Illinois, E.-U.	Spectromètre	2,4 - 48 Gy (locale)	3	
1974	Parsipany, E.-U.	Cobalt 60	1,7 - 4 Gy	1	
1974	Moyen-Orient	Iridium 192	0,3 Gy	1	

Année	Lieu	Source	Dose (ou incorporation de matières radioactives)	Surexpositions ^a	Décès
1975	Brescia, Italie	Cobalt 60	10 Gy	1	
1975	Etats-Unis	Iridium 192	10 Gy (locale)	1	
1975	Columbus, E.-U.	Cobalt 60	11 - 14 Gy (locale)	6	
1975	Iraq	Iridium 192	0,3 Gy	1	
1975	URSS	Césium 137/ installation d'irradiation	3 - 5 Gy (totale) + > 30 Gy (mains)	1	
1975	Rép. dém. allemande	Réacteur de recherche	20 - 30 Gy (locale)	1	
1975	Allemagne	Rayons X	30 Gy (main)	1	
1975	Rép. féd. d'Allemagne	Rayons X	1 Gy (totale)	1	
1976	Rép. féd. d'Hanford, E.-U.	Incorporation d'américium 241	> 37 MBq	1	
1976	Etats-Unis	Iridium 192	37,2 Gy (locale)	1	
1976	Pittsburg, E.-U.	Cobalt 60	15 Gy (locale)	1	
1977	Rockaway, E.-U.	Cobalt 60	2 Gy	1	
1977	Pretoria, Afrique du Sud	Iridium 192	1,2 Gy	1	
1977	Denver, E.-U.	Phosphore 32	Inconnue	1	
1977	URSS	Cobalt 60/installation d'irradiation	4 Gy (totale)	1	
1977	URSS	Accélérateur de protons	10,0 - 30,0 Gy (mains)	1	
1977	Royaume-Uni	Iridium 192	0,1 Gy + locale	1	
1977	Pérou	Iridium 192	0,9 - 2,0 (totale), 160 (main)	3	
1978	Argentine	Iridium 192	12 - 16 (locale)	1	
1978	Algérie	Iridium 192	Jusqu'à 13 Gy (pour la personne la plus exposée)	7	
1978	Royaume-Uni			1	
1978	URSS	Accélérateur d'électrons	20 Gy (locale)	1	
1979	Californie, E.-U.	Iridium 192	Jusqu'à 1 Gy	5	
1980	URSS	Cobalt 60/installation d'irradiation	50,0 Gy (locale, jambes)	1	
1980	Rép. dém. allemande	Rayons X	15-30 Gy (main)	1	
1980	Allemagne	Unité de radiographie	23 Gy (main)	1	
1980	Rép. féd. d'Chine	Cobalt 60	5 Gy (locale)	1	
1981	Saintes, France	Cobalt 60/installation médicale	> 25 Gy	3	
1981	Oklahoma	Iridium 192	Inconnue	1	
1982	Norvège	Cobalt 60	22 Gy	1	1
1982	Inde	Iridium 192	35 Gy locale	1	
1983	Argentine	Criticité	43 Gy (rayonnements mixtes ^b)	1	1
1983	Mexique	Cobalt 60	0,25 - 5,0 Sv (exposition prolongée)	10	
1983	Iran	Iridium 192	20 Gy (main)	1	
1984	Maroc	Iridium 192	Inconnue	11	8
1984	Pérou	Rayons X	5-40 Gy (locale)	6	
1985	Chine	Accélérateur d'électrons	Inconnue (locale)	2	
1985	Chine	Or 198 (erreur de traitement)	Inconnue, interne	2	1
1985	Chine	Césium 137	8 - 10 Sv (subaiguë)	3	
1985	Brésil	Source de radiographie	410 Sv (locale)	1	
1985	Brésil	Source de radiographie	160 Sv (locale)	2	
1985/86	Etats-Unis	Accélérateur	Inconnue	3	2
1986	Chine	Cobalt 60	2 - 3 Gy	2	
1986	Tchernobyl, URSS	Centrale nucléaire	1 - 16 Gy (rayonnements mixtes ^b) jusqu'à 7 Gy (rayonnements mixtes ^b)	134	28 ^d
1987	Goiânia, Brésil	Césium 137		50 ^c	4
1987	Chine	Cobalt 60	1,0 Gy	1	
1989	El Salvador	Cobalt 60/Installation d'irradiation	3 - 8 Gy	3	1
1990	Israël	Cobalt 60/Installation d'irradiation	>12 Gy	1	1
1990	Espagne	Accélérateur de radiothérapie	Inconnue	27	11
1991	Nesvizh, Bélarus	Cobalt 60/Installation d'irradiation	10 Gy	1	1
1991	Etats-Unis	Accélérateur	> 30 Gy (mains et jambes)	1	
1992	Viet Nam	Accélérateur	20-50 Gy (mains)	1	
1992	Chine	Cobalt 60	> 0,25 - 10 Gy (locale)	8	3
1992	Etats-Unis	Iridium 192/curiethérapie	> 1 000 Gy	1	1
1994	Estonie, Tammiku	Césium 137/dépôt de déchets	1 830 Gy (cuisse) + 4 Gy (totalité du corps)	3	1
1996	Costa Rica	Cobalt 60/radiothérapie	Surdose (60 %)	115	13 ^e
1996	Gilan, Iran	Iridium 192/radiographie	2-3 Gy ? (totalité du corps) + 100 Gy ? (thorax)	1	
1997	Russie	Expérience de criticité	5-10 Gy (totalité du corps) + 200-250 Gy (mains)	1	
1998	Turquie	Cobalt 60	Doses variées, jusqu'à 3 Gy, corps entier	10	
1999	Pérou	Iridium 192/radiographie	Jusqu'à 100 Gy, localement; amputation de la jambe	1	

Notes: ^aExpositions importantes à une source externe, c'est-à-dire supérieures à 0,25 Sv pour le corps entier, les organes hématopoïétiques et les autres organes essentiels, à environ 6 Gy pour la peau (exposition locale) et à environ 0,75 Gy pour les autres tissus et organes, ou dépassant la moitié de la limite annuelle d'incorporation (LAI).

^bLes rayonnements mixtes sont des rayonnements de types différents ayant des valeurs de TLE différentes, comme les neutrons et les rayons gamma, ou les rayons gamma et bêta.

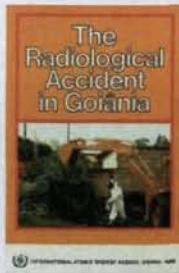
^cCe chiffre est probablement plus bas (certaines des 50 personnes contaminées ont reçu des doses inférieures à 0,25 Sv).

^dDécès attribuables à l'exposition aux rayonnements. Deux autres étaient sans rapport avec les rayonnements.

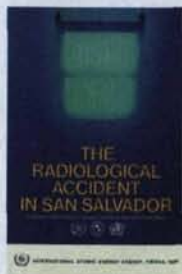
^eJusqu'à la fin de 1998.

Référence : AIEA/OMS, Planning the Medical Response to Radiological Accidents, Collection Rapports de sûreté no 4 (1998).

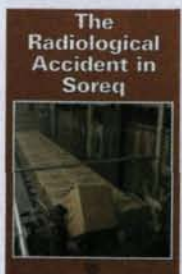
RAPPORTS DE L'AIEA SUR DES ACCIDENTS RADIOLOGIQUES



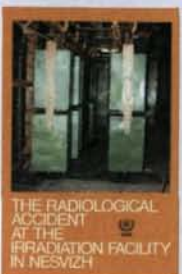
GOIÂNIA (Brésil). En 1987, une source de césium 137 qu'un institut privé de radiothérapie avait laissée sur place après avoir déménagé dans de nouveaux locaux a été à l'origine d'un accident à Goiânia. L'unité de téléthérapie contenant la source de rayonnements, restée à l'abandon pendant près de deux ans, fut trouvée par deux ferrailleurs qui l'emportèrent chez eux et brisèrent l'enveloppe de protection en essayant de démonter la source radioactive, se contaminant eux-mêmes ainsi que des centaines d'autres personnes, les quartiers voisins et l'environnement. Quatre personnes gravement exposées décédèrent, beaucoup d'autres eurent des lésions graves et il fallut six mois pour mener à bien les activités d'intervention d'urgence ainsi que les travaux d'assainissement des maisons, des bâtiments et des terres. Au total, plus de 100 000 personnes firent l'objet d'une surveillance radiologique qui permit de constater que près de 300 d'entre elles avaient été contaminées par le césium 137. Cet accident eut des conséquences financières considérables sur la ville et la région.



SAN SALVADOR (El Salvador). En février 1989, un accident est survenu près de San Salvador dans une installation industrielle d'irradiation, qui stérilise des produits médicaux à l'aide d'une source au cobalt 60. Cela s'est produit lorsque le porte-source s'est bloqué dans la position d'irradiation. L'opérateur a contourné les systèmes de sûreté et a pénétré dans la salle d'irradiation avec deux autres employés, pour dégager le porte-source manuellement. Ils ont été exposés à des doses élevées et ont développé le syndrome d'irradiation aiguë. Deux des trois hommes ont subi des lésions aux pieds et aux jambes d'une gravité telle qu'il a fallu les amputer. L'employé le plus exposé est mort un peu plus de six mois après l'accident.



SOREQ (Israël). En juin 1990, un accident est survenu près de Soreq, dans une installation commerciale d'irradiation, qui stérilise des produits médicaux et des épices à l'aide d'une source au cobalt 60. Cet accident s'est produit à la suite du blocage du porte-source dans la position d'irradiation. L'opérateur a mal interprété deux signaux d'alarme contradictoires, il a contourné les systèmes de sûreté mis en place et, au mépris des procédures, est entré dans la salle d'irradiation pour débloquer la source. Exposé à des niveaux de rayonnement élevés, il a subi des lésions d'une gravité telle qu'il est mort juste un mois après.



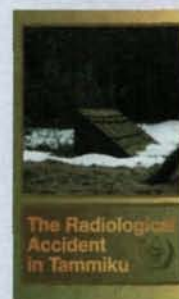
NESVIZH (Biélorus). En octobre 1991, un accident s'est produit à Nesvizh, à environ 120 kilomètres de Minsk, dans une installation d'irradiation où des produits agricoles et médicaux sont stérilisés à l'aide d'une source au cobalt 60. Le système de transport des produits s'étant bloqué, l'opérateur a, en contournant un certain nombre de dispositifs de sécurité, pénétré dans l'installation pour remédier au problème. A un moment donné, le porte-source s'est mis en position d'irradiation et l'opérateur a été irradié pendant une minute environ. On l'a transporté d'abord à Nesvizh puis à Minsk pour y être soigné et enfin à Moscou pour un traitement spécialisé. Malgré des soins médicaux intensifs, il est mort 113 jours plus tard.



HA NOI (Viet Nam). En novembre 1992, un accident mettant en jeu un accélérateur d'électrons est survenu à Ha Noi. À l'insu de l'opérateur, une personne est entrée dans la salle d'irradiation et, sans s'en rendre compte, a exposé ses mains au faisceau de rayons X, ce qui lui a occasionné de graves lésions à la suite desquelles il fallut l'amputer d'une main.



TOMSK (Fédération de Russie). En avril 1993, un accident s'est produit pendant le retraitement de combustible nucléaire irradié à l'installation des Entreprises chimiques de Sibérie, près de Tomsk. Bien qu'étant sans rapport avec la sûreté des sources de rayonnements, on a estimé que cet accident, qui a endommagé la chaîne de retraitement et le bâtiment et a entraîné un relâchement de radionucléides, notamment de plutonium 239, était un cas typique d'infraction aux règles de sûreté. Certaines zones du site de l'installation et une grande partie de la campagne environnante, au nord du complexe, ont été contaminées par les radionucléides, y compris le village de Georgievka et un tronçon de l'axe routier reliant Samus à Tomsk. Bien que le niveau de contamination fut relativement bas, des efforts considérables ont été déployés pour décontaminer les bâtiments et les terres.



TAMMIKU (Estonie). En octobre 1994, trois frères pénétrèrent sans autorisation dans un dépôt de déchets radioactifs à Tammiku, et en retirèrent un conteneur métallique où se trouvait une source de rayonnements. Ils parvinrent à l'ouvrir, puis procédèrent à diverses manipulations à la suite desquelles l'un d'entre eux décéda et les autres subirent de graves lésions. D'abord, la mort ne fut pas imputée à une radioexposition. Toutefois, le médecin qui examina les blessures du beau-fils du défunt comprit que l'accident était d'origine radiologique et lança une opération qui permit d'en limiter les conséquences. Les autorités estoniennes demandèrent à la communauté internationale de l'aider à analyser l'accident et de leur donner des conseils sur les mesures correctives à prendre.

Accidental
Overexposure
of
Radiotherapy
Patients
in San José,
Costa Rica

SAN JOSE (Costa Rica). Des patients ont été les victimes d'un grave accident après le remplacement de la source au cobalt 60 d'un appareil de radiothérapie, à l'Hôpital San Juan de Dios à San Jose (Costa Rica), en août 1996. Une erreur de calcul du débit de dose commise au moment de

l'étalonnage de la nouvelle source eut pour résultat que l'on administra aux patients des doses de rayonnements bien plus élevées que celles qui avaient été prescrites. Cent quinze cancéreux qui étaient traités par radiothérapie furent touchés. On se rendit compte de l'erreur en septembre 1996 et l'on mit fin aux traitements. Des mesures effectuées par la suite sur l'appareil en question et l'examen des courbes des patients confirmèrent que le débit d'exposition avait été supérieur de 50 % à 60 % au débit prévu. Quarante-deux patients moururent dans les neuf mois qui suivirent l'accident. Parmi les autres, nombreux étaient ceux qui présentaient des signes évidents de surexposition, mais toutes les conséquences de cette surexposition ne se manifestèrent pas pendant les mois suivant l'accident. Il est probable cependant que les effets irréversibles des rayonnements et les complications consécutives à l'accident se feront sentir chez les patients pendant les années à venir.

Rapports en préparation

GILAN (Iran). Le 24 juillet 1996, un travailleur de la centrale thermique à cycle combiné de Gilan qui déplaçait des matières isolantes destinées au revêtement des chaudières et des conduites trouva un bout de métal brillant, de la taille d'un crayon, et le mit dans la poche supérieure droite de sa salopette. Or, cet objet métallique contenait une source d'iridium 192 provenant d'un appareil de radiographie. Le travailleur développa un syndrome hémopoïétique aigu (appauvrissement de la moelle osseuse) avec une radiolésion locale particulièrement étendue. Une opération de chirurgie plastique fut pratiquée avec succès à l'Institut Curie, à Paris. Depuis, le patient est dans un état général satisfaisant, bien qu'il soit handicapé par ses lésions.

ISTANBUL (Turquie). A Ankara, des sources de téléthérapie usées avaient été mises dans des conteneurs de plomb dans l'entrepôt d'une société, afin d'être expédiées au fournisseur. Elles y restèrent environ cinq ans à cause d'un contentieux

commercial. En décembre 1998, la société expédia les conteneurs dans un autre entrepôt, à Istanbul. Mais au lieu d'être mis dans le dépôt de la société, ils furent placés dans une installation voisine où ils restèrent environ neuf mois. Lorsque les locaux furent vendus, les nouveaux propriétaires vendirent les articles dont ils n'avaient pas besoin, y compris les conteneurs renfermant les sources. L'acquéreur emporta les objets dans un terrain ouvert et les démonta, avec l'aide d'une autre personne. Dix personnes reçurent des doses de rayonnements assez élevées pour entraîner un syndrome radiologique aigu. Une source manque encore.

YANANGO (Pérou). En février 1999, un accident radiologique s'est produit sur le chantier de construction d'une centrale hydroélectrique, à Yanango, au Pérou, à 300 kilomètres à l'est de Lima. Il a eu pour victime un soudeur du chantier qui avait ramassé sans y prendre garde une source d'iridium industrielle de gammagraphie laissée sans surveillance et l'avait placée dans la poche arrière de son pantalon. Souffrant de graves brûlures par irradiation, il fut d'abord hospitalisé au Centre anticancer de Lima puis transféré en France, au Centre de traitement des brûlures graves de l'Hôpital d'instruction des armées Percy de Clamart (Hauts-de-Seine). Il y est encore traité et il devrait bénéficier d'une technique utilisée pour les grands brûlés qui s'est révélée efficace pour les agents de sécurité géorgiens qui furent victimes d'un grave accident radiologique en 1997.

REPUBLIQUE DE GEORGIE. Ces dernières années, on a trouvé en Géorgie de nombreuses sources radioactives non protégées. Les autorités locales ont sollicité une aide internationale pour la première fois en octobre 1997 après qu'un groupe de gardes frontière qui suivaient une formation dans un Centre à Lilo, près de Tbilissi, furent tombés malades et eurent présenté des lésions cutanées radio-induites. Onze soldats durent être envoyés dans des hôpitaux spécialisés, en France et en Allemagne. Il fut établi que l'exposition était due à plusieurs sources au césium 137 et au cobalt 60 ayant des niveaux d'activité différents qui avaient été abandonnées dans un ancien casernement soviétique. En juillet 1998, trois autres sources abandonnées, dont l'activité était respectivement de 50 GBq, 3,3 GBq et 0,17 GBq, furent découvertes à Matkhoji, un village agricole situé à quelque 300 kilomètres à l'ouest de Tbilissi. A la même époque, on a découvert une zone contaminée par du radium 226 dans une ancienne base militaire soviétique proche de Kuthaisi. A Poti, près de la mer Noire, on a trouvé, dans une autre base militaire deux sources radioactives enfouies dans du sable. En octobre 1998, deux autres sources puissantes ont été découvertes à Khaishi, dans l'ouest de la Géorgie. Elles faisaient partie de huit générateurs thermo-électriques situés dans la région dont l'activité initiale totale était comprise entre 740 et 5 550 TBq. Depuis, quatre de ces générateurs ont été retrouvés et sont maintenant entreposés en lieu sûr. Un générateur a été retiré du lit de l'Inguri, cours d'eau qui traverse cette partie du pays. Récemment, on a encore fait deux découvertes : le 21 juin 1999, une source au cobalt 60 d'environ 37 GBq a été trouvée sous une route près des jardins botaniques de Tbilissi, et le 5 juillet 1999, deux sources au césium 137 ont été trouvées dans la ville de Rustavi, près de Tbilissi.

OBJETS TROUVÉS : DANGER

LES SOURCES DE RAYONNEMENTS ORPHELINES SUSCITENT DES INQUIÉTUDES DANS LE MONDE

PEDRO ORTIZ, VILMOS FRIEDRICH, JOHN WHEATLEY ET MODUPE ORESEGUN

On prend de plus en plus conscience, dans le monde, des problèmes liés aux sources de rayonnements commerciales dont on sait rarement ce qu'elles deviennent. Pour une raison ou pour une autre, elles échappent à tout contrôle réglementaire. Les sources de rayonnements étant transportées au delà des frontières, leurs implications dépassent le cadre de l'État dans lequel elles sont initialement utilisées.

Ces sources de rayonnements non contrôlées sont généralement appelées « sources orphelines ». Ce terme recouvre habituellement les sources qui n'ont jamais été soumises à un contrôle réglementaire ; les sources qui étaient soumises à un contrôle réglementaire mais ont, depuis, été abandonnées, perdues ou égarées ; et les sources qui ont été volées ou déplacées sans autorisation appropriée.

On ne sait pas exactement combien il existe de sources orphelines dans le monde, mais on estime que ce nombre est considérable. Les sources scellées ou leurs conteneurs peuvent être attrayants du fait de leur aspect ou de leur valeur apparente comme ferraille. La récupération de ces sources par des employés ou par des membres du public ignorant les risques inhérents peut entraîner une irradiation externe voire, si les sources sont trafiquées, une



d'utilisations médicales et industrielles. Certaines, cependant, proviennent d'activités militaires (exercices de protection civile et autres applications) dont les autorités civiles n'ont pas forcément connaissance.

TYPES DE SOURCES

Sources utilisées en téléthérapie. Certaines sources de rayonnements, achetées dans les années 50 et 60, voire plus tard, ont été importées avant que n'entrent en vigueur les contrôles réglementaires et aucune disposition n'a été prise concernant leur retour ou leur élimination. Des sources présentes dans des têtes d'irradiation ont été

exposition interne. De tels cas ont déjà entraîné des blessures graves et, parfois, des décès. Des sources incorporées à de la ferraille destinée au recyclage risquent de contaminer des usines et l'environnement, ce qui peut avoir de graves conséquences économiques. En raison de l'organisation même du commerce international des déchets métalliques, ces matières peuvent être transférées d'un pays à l'autre.

De nombreuses sources orphelines proviennent

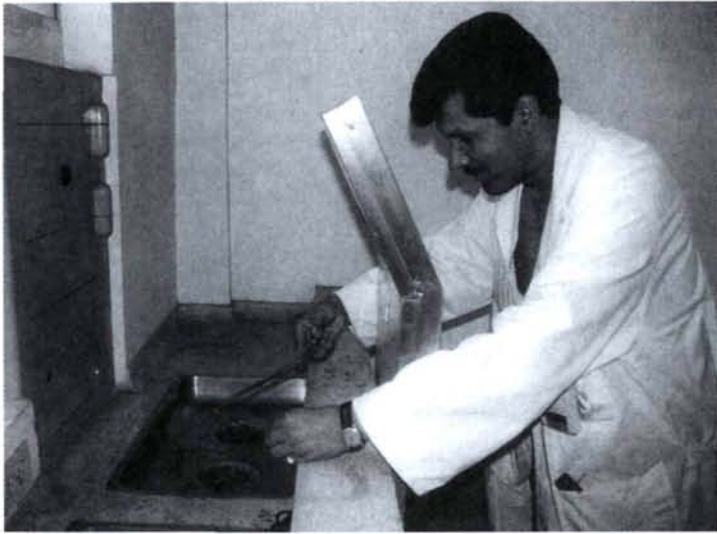
ensevelies dans des jardins ou cours d'hôpitaux et il n'est pas improbable que nombre de ces sources soient toujours dans cet état de par le monde. Bien que cinq à huit périodes de cobalt 60 se soient écoulées, ces sources peuvent conserver une activité de l'ordre de 20 à 100 Ci. Des doses mortelles peuvent être reçues en un temps relativement bref.

Comme nous l'avons noté plus haut, des sources de téléthérapie

Photo : Les chantiers de démolition et de ferraille figurent parmi les endroits où l'on peut trouver des sources de rayonnements d'origine inconnue.

(Crédit : Carnemark/Banque mondiale)

M. Ortiz, M. Wheatley et Mme Oresgun sont employés à la Division de la Sécurité Radiologique et de la sûreté des déchets de l'AIEA. M. Friedrich travaille à la Division du cycle du combustible nucléaire et de la technologie des déchets de l'AIEA.



abandonnées dans leur tête d'irradiation ont eu des conséquences catastrophiques à Ciudad Juarez (Mexique) et Goiania (Brésil). D'autres sources présentes dans des conteneurs de transport abandonnés ont entraîné des cas graves d'irradiation (Turquie), voire des décès (Géorgie).

Un autre problème est celui des équipements donnés et d'occasion. À mesure que la plupart des pays développés remplacent leurs appareils de téléthérapie au cobalt 60 par des accélérateurs, ils sont aisément tentés de les donner à des pays en développement sans prendre aucune disposition concernant le retour de ces sources aux fabricants. Cette attitude risque également d'entraîner une prolifération de sources orphelines si les organismes de réglementation des pays concernés n'échangent pas des informations concernant ces importations et exportations et s'ils n'exercent pas des deux côtés des contrôles réglementaires appropriés.

Le fait qu'une source de téléthérapie (24 TBq) manquante en Turquie n'ait pas pu être retrouvée – on ne sait pas si cette source a été renvoyée dans le pays

d'origine ou est restée en Turquie – ajoute une dimension internationale au problème. On estime à plusieurs milliers le nombre total de sources de téléthérapie existant dans le monde. Si l'on n'exerce pas un contrôle réglementaire approprié, le problème des sources orphelines de téléthérapie risque de s'aggraver.

Sources de radium utilisées en curiethérapie. Avant 1950, le radium était la seule source de radionucléides couramment utilisée, en particulier pour la curiethérapie. Il était utilisé sous la forme d'aiguilles, pour la curiethérapie interstitielle, et de tubes pour la curiethérapie intracavitaire. À titre indicatif, une source de curiethérapie placée dans un applicateur au contact de tissus délivre une dose de l'ordre de 40 Gy à une distance d'un centimètre de la source en deux à trois jours d'exposition continue. On ne peut exclure des accidents entraînant des blessures graves si, par exemple, un individu ignorant tout des sources de rayonnements trouve une source de curiethérapie et la place dans une poche à proximité d'un tissu.

Un appareil de curiethérapie d'un seul hôpital peut avoir utilisé plusieurs dizaines de sources

individuelles de très petite taille. À mesure que de nouveaux radionucléides sont apparus, le radium 226 a été progressivement remplacé, mais de nombreuses sources de radium ont été données à d'autres hôpitaux, voire à d'autres pays. D'autres sources ont été éliminées sans aucun contrôle.

Aujourd'hui, les sources de radium posent un problème particulier. Elles ont souvent été importées avant les années 50, soit bien avant que n'entrent en vigueur les contrôles et critères réglementaires de transparence. Il est par conséquent très difficile d'en retrouver la trace. La plupart de leurs détenteurs d'origine sont décédés et leurs proches ont conservé ces sources (tubes, aiguilles) en raison de leur capsule de platine ou de leur filtre en or. Nombre des services (hôpitaux, dispensaires) utilisés pour ce traitement ont été abandonnés, fermés ou déménagés.

Contrairement à la pratique actuelle (la radiothérapie n'est aujourd'hui pratiquée que sous la responsabilité d'oncoradiothérapeutes), le radium était utilisé par divers professionnels de santé : ophtalmologistes, dermatologues, gynécologues, radiologues, voire des non professionnels. Les sources étaient souvent prêtées ou empruntées et transportées d'un établissement de santé à l'autre dans des véhicules privés sans aucune précaution. Elles se perdaient donc souvent. On a ainsi retrouvé du radium 226 dans des coffrets à bijoux de descendants des détenteurs

Photo : Les sources de rayonnements sont utilisées dans le monde entier à des fins médicales et autres. En Colombie, l'AIEA a aidé à créer des conditions de stockage sûres des sources utilisées en radiothérapie. (Crédit : Perez/AIEA)

d'origine, dans des coffres forts et dans des garages privés.

Radiographie industrielle. Les appareils portables peuvent être transportés dans des véhicules ordinaires et exportés vers d'autres pays relativement facilement. On pense qu'un appareil de radiographie ayant entraîné un accident au Pérou avait été importé illégalement. Les automobiles sont une cible fréquente pour les voleurs, et une automobile comportant une source de radiothérapie ne fait pas exception.

Les sources de radiographie industrielle ont une activité qui peut entraîner des blessures graves en quelques minutes à quelques heures lorsqu'elles sont placées au contact d'un individu, par exemple dans une poche. On peut citer plusieurs exemples de personnes qui, ayant placé une source de radiographie dans leur poche, ont été gravement blessées, voire amputées d'un membre.

Jauges nucléaires. Certaines jauges nucléaires équipant des appareils de contrôle industriels sont, en règle générale, intrinsèquement sûres. Leur utilisation ne nécessitant aucun programme poussé de formation ou d'entretien, elles tendent à être oubliées au fil des années et finissent orphelines. Ces sources, aussi sûres soient-elles, n'en courent pas moins le risque, une fois orphelines, d'être démontées et récupérées par le public.

Sources échappant au contrôle des autorités civiles. L'accident survenu en Géorgie – dans lequel des sources utilisées par des militaires dans le cadre d'exercices de protection civile ont été trouvées – a conféré au problème des sources orphelines une nouvelle dimension, à savoir que certaines sources n'ont jamais été soumises au contrôle des organes civils de réglementation. Douze sources de césium 137 scellées et environ 200 sources de radium

226 avaient été abandonnées dans un endroit par un détenteur militaire sans que soient appliquées les procédures de sûreté réglementaires établies. Au lieu de cela, elles ont été remises à un nouveau détenteur, puis neutralisées afin d'être ultérieurement conditionnées sous forme de déchets. Du fait de cet abandon, onze individus employés sur le site ont été exposés pendant une longue période de temps à de fortes doses de rayonnement, ce qui s'est notamment traduit par de graves blessures cutanées.

MOUVEMENT TRANSFRONTALIER DES SOURCES ORPHELINES

Dans plusieurs cas signalés, la dimension transfrontalière apparaît de façon évidente.

■ Dans un accident survenu en Estonie, l'ensemble source a été trouvé dans des déchets métalliques présumés provenir d'un ancien type d'irradiateur. Dans son rapport consacré à l'accident, l'AIEA précise qu'aucun irradiateur gamma n'a jamais été utilisé en Estonie et qu'il est donc possible que la source et le conteneur métallique aient été introduits en Estonie à partir de la Fédération de Russie avec divers déchets métalliques destinés à l'exportation vers l'Europe occidentale. Le rapport conclut qu'il existe un risque important que d'autres sources atteignent le domaine public par des voies analogues. En fait, une deuxième source a été trouvée sur une autoroute lors d'une recherche menée plusieurs semaines après l'accident.

■ Dans un accident survenu à Ciudad Juarez, au Mexique, la tête de téléthérapie avait été importée des États-Unis et achetée sans autorisation ; des barres contaminées ont également

été exportées vers les États-Unis. La source de téléthérapie qui a causé l'accident survenu en Turquie devait être réexportée chez le fournisseur aux États-Unis. À cette date, un conteneur de transport a été retrouvé vide et l'on ne sait pas ce qui est advenu de la source de rayonnement destinée à la téléthérapie. Les pays riverains ont été informés qu'il était possible que la source ait quitté la Turquie.

■ Dans un accident survenu en Espagne, la source était entrée dans le pays avec des déchets métalliques en provenance d'autres pays. L'itinéraire emprunté par les déchets métalliques est très difficile à retracer et peut conduire à quasiment n'importe quel pays.

UNE DÉMARCHÉ INTERNATIONALE

Vu la situation, il est évident que plutôt que des mesures nationales isolées, c'est une démarche internationale qui s'impose si l'on veut faire face au problème des sources orphelines. Les mesures prises par un pays donné peuvent rester sans effet si les pays voisins ne reprennent pas et ne maintiennent pas, dans le même temps, le contrôle de leurs propres sources. De surcroît, le transfert et l'exportation non autorisés vers d'autres pays, ainsi que les sources mélangées à des déchets métalliques, peuvent être très difficiles à éliminer au moyen d'initiatives nationales isolées.

Une démarche internationale doit prendre en compte trois aspects du problème :

■ *Tenue d'une comptabilité des sources grâce à la mise en place et à l'application de réglementations nationales.* Il faut pour cela que le contrôle des sources ne soit jamais relâché pendant la durée de vie de la source.

■ *Reprise du contrôle des sources orphelines existantes grâce à des*

AUTRES LECTURES

L'AIEA a publié un certain nombre de rapports sur les enseignements tirés d'accidents faisant intervenir des sources de rayonnements et des matières radioactives, et sur la façon de les prévenir. Il s'agit notamment des rapports suivants :

- *Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries, Safety Reports Series No. 2 (1998)*
- *Planning the Medical Response to Radiological Accidents, Safety Reports Series No. 4 (1998)*
- *Methods to Identify and Locate Spent Radiation Sources, Technical Document, TECDOC-804 (1995)*
- *Lessons Learned from Accidents in Industrial Irradiation Facilities (1996)*
- *Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography (1996)*

On trouvera, sur le site Internet *WorldAtom* de l'AIEA (www.iaea.org), une liste complète des publications de l'Agence traitant notamment de ces sujets.

campagnes nationales de recherches.

■ *Stockage et élimination appropriés des sources orphelines retrouvées lors des campagnes de recherches ou autrement, ou retour des sources à leurs fournisseurs.*

Compte tenu de ce que l'on sait des problèmes, on peut en déduire qu'il existe probablement, dans la quasi-totalité des pays, plusieurs sources orphelines non découvertes. Si l'on ne mène pas activement des recherches, ces sources risquent de rester en l'état pendant des années. Elles risquent de n'être découvertes qu'en cas d'accident. Il est donc impératif de lancer une campagne de recherches si l'on veut améliorer les chances de retrouver ces sources.

Après l'accident de Goiânia, certains pays ont entrepris des recherches. Dans l'un d'entre eux, onze appareils de thérapie ont été retrouvés dans d'anciennes salles d'irradiation partiellement démolies et dans des cours d'hôpitaux ; dans un cas, les locaux étaient démolis et une grande route en construction

s'apprêtait à passer à travers l'ancienne salle d'irradiation où la source était toujours présente à l'intérieur de sa tête d'irradiation.

Dans un document technique publié en 1995 (TECDOC-804, voir encadré ci-dessus), l'AIEA a fourni des indications concernant la façon de maximiser les résultats des campagnes de recherches. Avant d'entreprendre des recherches physiques, il est indispensable de rassembler des informations documentées.

Pour ce qui est des sources médicales, ces informations peuvent être obtenues dans les registres existants ou anciens administrés de façon centralisée (ministères de la santé ou organismes chargés de l'achat des sources de rayonnements, localement ou à l'étranger), dans les registres douaniers, chez les fournisseurs, dans les registres de programmes de coopération pratiquant des dons, en s'entretenant avec d'anciens employés ou médecins – en particulier mais pas exclusivement des oncoradiothérapeutes – et dans des articles publiés dans des revues.

S'agissant des sources industrielles, les informations peuvent également être obtenues sur les sites d'exploitation ainsi que sur les sites désaffectés ; sur les chantiers de construction, où des entreprises étrangères ont souvent réalisé des travaux faisant appel à des sources de rayonnements ; dans des usines où des jauges nucléaires ont pu être utilisées ; auprès de ferrailleurs ; et en s'entretenant avec d'anciens employés de ces industries.

Une fois les informations rassemblées et analysées, on peut commencer à planifier les recherches physiques. Cette planification recouvre les autorisations administratives, l'organisation et l'établissement des procédures à suivre par l'équipe chargée des recherches ainsi que les équipements, la formation et les mesures de sécurité.

Les campagnes de recherches peuvent être encore plus productives si l'on met en œuvre des programmes internationaux simultanément et de façon synchronisée dans plusieurs pays et si l'on échange des informations dans le cadre d'ateliers régionaux ou par d'autres moyens. L'échange d'informations concernant, par exemple, les sources de rayonnements et les caractéristiques des appareils, les fournisseurs et les registres d'importation/exportation peut offrir de nombreux avantages. Le partage d'informations concernant les sources perdues et trouvées aiderait à convaincre la population que le nombre de sources manquantes diminue.

Fait tout aussi important : l'offre d'une assistance et des services d'équipes d'experts à l'appui de campagnes de recherches serait facilitée par un renforcement de la coopération internationale. □

PERSPECTIVES AMÉRICAINES

SÛRETÉ ET SÉCURITÉ DES SOURCES RADIOACTIVES

GRETA JOY DICUS

Le pire accident qui soit survenu dans une centrale nucléaire américaine, l'accident de Three Mile Island en 1979, a entraîné le rejet de matières radioactives dans l'environnement. Aucun membre du public, cependant, n'a été exposé lors de cet accident à des rayonnements dépassant les doses limites. En fait, le public n'a jamais été exposé, ni pendant l'exploitation des 103 centrales nucléaires américaines autorisées ni lors des accidents qui s'y sont produits, à des doses dépassant les doses limites. On ne peut en dire autant, cependant, de l'exploitation, aux États-Unis, des sources radioactives autorisées.

Cette exploitation compte en effet des incidents mineurs ainsi que des accidents ayant entraîné des blessures par rayonnements ou une contamination radioactive. Les principales applications dans lesquelles se sont produits des accidents graves sont l'irradiation, la radiographie industrielle et les thérapies médicales.

On s'inquiète également des sources radioactives perdues, volées ou abandonnées qui parviennent dans le domaine public de façon non contrôlée. Il existe alors un risque de radioexposition et de contamination du public et des équipements. C'est précisément de cet aspect de la sûreté d'exploitation des rayonnements que traite le présent article.

AMPLEUR DU PROBLÈME

Pour 103 centrales nucléaires autorisées fonctionnant au États-

Unis, on recense environ 157 000 licences autorisant l'exploitation de matières radioactives conformément à la loi américaine, telle qu'amendée, relative à l'énergie atomique. Sur ce nombre, 22 000 concernent l'exploitation de matières autorisées en vertu de licences spécifiques. Les 135 000 autres autorisent l'exploitation de matières radioactives contenues dans des appareils tels que des jauges de mesure nucléaires ou des marqueurs photogènes en vertu de licences générales. Près de 1,8 million d'appareils contenant des sources radioactives bénéficiant d'une licence générale ont été distribués. D'autres types d'appareils contenant des matières radioactives – montres autoluminescentes et détecteurs de fumée à ionisation – peuvent être distribués, assorties d'autorisations, à des personnes non titulaires d'une licence. Ceux-ci contiennent de faibles quantités de matières radioactives et ne sont pas couverts par le présent article.

La loi américaine, telle qu'amendée, relative à l'énergie atomique ne couvre pas toutes les matières radioactives. Les sources de radium en sont exclues, de même que les sources radioactives utilisées par le Département américain de l'énergie (DOE).

La loi oblige les États à conclure avec la Commission de réglementation nucléaire (NRC) des accords en vertu desquels ils réglementent et agréent les utilisateurs de matières radioactives. Trente États ont conclu de tels accords. Ils réglementent et agréent deux tiers

des utilisateurs autorisés de matières radioactives. Les renseignements concernant les incidents et les événements relevant de la compétence de la NRC et des États ayant conclu un accord sont rassemblés, analysés et notifiés par les fonctionnaires de la NRC.

Chaque année, la NRC reçoit environ 200 rapports concernant des sources et appareils radioactifs perdus, volés ou abandonnés. On notera que ces rapports ne sont reçus que lorsque les titulaires de licences se souviennent qu'ils sont propriétaires d'une source, qu'ils savent qu'elle est perdue ou volée, qu'ils savent qu'il est obligatoire d'en signaler la perte ou le vol, et qu'ils établissent un rapport.

CONSÉQUENCES SIGNALÉES

Parfois, la perte de contrôle de sources radioactives a entraîné la surexposition à des rayonnements de membres du public qui ne se méfiaient pas. En 1979, par exemple, une source de radiographie industrielle non blindée contenant 1 GBq (28 Ci) d'iridium 192 a été laissée accidentellement sur un lieu de travail temporaire en Californie. Un travailleur, ne sachant de quoi il s'agissait, l'a prise et l'a placée dans une poche arrière de son

Mme Dicus est présidente de la Commission de réglementation nucléaire (NRC) des États-Unis (Washington). Nous remercions vivement les employés de la NRC pour leur contribution au présent article. Les références complètes sont disponibles auprès de l'auteur.

pantalon. La dose reçue par sa fesse a dépassé 200 Sv (20 000 rem). En 1992, une source de curiethérapie de 0,14 GBq (3,7 Ci) d'iridium 192 s'est débranchée accidentellement du câble la reliant à un projecteur de sources télécommandé tandis qu'elle était mise en position sur un patient. La source a fini par se détacher du patient avec des pansements chirurgicaux. Les pansements contenant la source ont été envoyés dans un centre d'élimination qui soumettait systématiquement les déchets reçus à une surveillance radiologique. Les rayonnements émis par la source ont été détectés, ce qui a permis de la découvrir. Le patient est décédé de complications liées à la surdose reçue et 90 membres du public ont été accidentellement exposés à la source.

En 1996, des appareils de radiographie industrielle ont été volés et vendus comme ferraille. Pendant le transfert de ces appareils, une source de 1,5 GBq (40 Ci) de cobalt 60 s'est détachée de l'un des appareils et est tombée sur le sol à proximité des bureaux d'une usine de traitement des ferrailles. Exposés à la source, les employés et les clients de l'usine, de même que les policiers qui enquêtaient sur le vol, ont reçu des doses globales atteignant 0,1 Sv (10 rem). L'un des employés, qui avait manipulé la source, a été surexposé à l'une de ses extrémités.

Des dommages causés aux équipements sous la forme d'une contamination radioactive se sont également produits. Ce phénomène inquiète particulièrement les industriels américains spécialistes du recyclage des métaux lorsque des sources radioactives qui ont été perdues, volées ou abandonnées se mélangent à des ferrailles destinées au recyclage. Depuis 1983, les aciéries ont fondu

Fusions accidentelles de matières radioactives aux États-Unis d'Amérique

Année	Métal	Lieu	Isotope	Activité (GBq)
multiple	or	multiple	Pb-210, Bi-210, Po-210	inconnue
1983	acier	Auburn Steel, NY	Co-60	930
1983	or	inconnu, NY	Am-241	inconnue
1984	acier	U.S. Pipe & Foundry, AL	Cs-137	0,37-1,9
1985	acier	Tamco, CA	Cs-137	56
1987	acier	Florida Steel, FL	Cs-137	0,93
1987	aluminium	United Technology, IN	Ra-226	0,74
1988	plomb	ALCO Pacific, CA	Cs-137	0,74-0,93
1988	cuivre	Warrington, MO	accélérateur	inconnue
1989	acier	Bayou Steel, LA	Cs-137	19
1989	acier	Cytemp, PA	Th	inconnue
1990	acier	NUCOR Steel, UT	Cs-137	inconnue
1991	aluminium	Alcan Recycling, TN	Th	inconnue
1992	acier	Newport Steel, KY	Cs-137	12
1992	aluminium	Reynolds, VA	Ra-226	inconnue
1992	acier	Border Steel, TX	Cs-137	4,6-7,4
1992	acier	Keystone Wire, IL	Cs-137	inconnue
1993	acier	Auburn Steel, NY	Cs-137	37
1993	acier	Newport Steel, KY	Cs-137	7,4
1993	acier	Chaparral Steel, TX	Cs-137	inconnue
1993	zinc	Southern Zinc, GA	U appauvri	inconnue
1993	acier	Florida Steel, FL	Cs-137	inconnue
1994	acier	Austeel Lemont, IL	Cs-137	0,074
1994	acier	US Pipe & Foundry, CA	Cs-137	inconnue
1996	aluminium	Bluegrass Recycling, KY	Th-232	inconnue
1997	aluminium	White Salvage Co., TN	Am-241	inconnue
1997	acier	WCI, OH	Co-60	0,9 (?)
1997	acier	Kentucky Electric, KY	Cs-137	1,3
1997	acier	Birmingham Steel, AL	Cs-137/Am-241	7 Bq/g
1997	acier	Bethlehem Steel, IN	Co-60	0,2
1998	aluminium	Southern Aluminum, AL	Th	inconnue

Note : Tableau établi à partir de la base de données constituée par James Yusko, CHP, Pennsylvania Dept. of Environmental Protection, 400 Waterfront Drive, Pittsburgh, PA, 15222-4745 (États-Unis d'Amérique).

accidentellement des sources radioactives à vingt occasions. Des sources radioactives ont été fondues accidentellement à onze autres occasions dans des fonderies d'aluminium, de cuivre, d'or, de zinc ou de rebuts de plomb (voir tableau ci-contre). Si les niveaux d'exposition auxquels ont été soumis les fondeurs ont été, à ce jour, faibles et inférieurs aux limites réglementaires, les conséquences financières n'en ont pas moins été importantes en raison du coût de la décontamination et de l'élimination des déchets et de la perte de revenus encourue pendant la fermeture temporaire des usines. Les aciéries américaines ont encouru, de ce fait, des frais avoisinant en moyenne 8 à 10 millions de dollars, ces frais s'élevant, dans un cas, à 23 millions.

INITIATIVES ET PRÉOCCUPATIONS

L'industrie américaine de recyclage des métaux a réagi de diverses manières. Avec l'assistance de la NRC, les responsables de la profession ont élaboré et publié des documents pédagogiques sous forme de brochures d'information et ont recommandé à leurs membres diverses procédures. De nombreuses usines de recyclage de ferraille et de production de métaux ont affiché un avertissement publié par la NRC pour sensibiliser leurs employés au problème.

La mesure de protection prise le plus fréquemment par l'industrie a consisté à installer des systèmes de surveillance des rayonnements dans les usines de production de métaux et de recyclage de ferrailles pour

**SOURCES RADIOACTIVES NON BLINDÉES
RETROUVÉES DANS LE DOMAINE PUBLIC AUX ÉTATS-UNIS**

Année	Lieu	Isotope	Quantité (GBq)
1992	Décharge, Ohio	Ir-192	150
1994	Chantier de ferraille, Kentucky	Cs-137	7,4
1994	Chantier de ferraille, Illinois	Cs-137	14
1996	Chantier de ferraille, Californie	Cs-137	0,37
1996	Chantier de ferraille, Texas	Ir-192	1500
1996	Incinérateur, New York	Cs-137	2,8
1996	Fonderie, Alabama	Non identifié	
1996	Chantier de ferraille, Virginie-Occid.	Non identifié	
1997	Acierie, Ohio	Cs-137	19
1997	Chantier, Pennsylvanie	Cs-137	0,22
1997	Chantier de ferraille, Pennsylvanie	Am-241	3,7
1998	Chantier de ferraille, Floridæ	Am-241/Cs-137	1,5/0,3
1999	Autoroute, Tennessee	Cs-137	0,3



Césium 137 non blindé retrouvé enfoui sous du gravier dans une décharge de métaux en Illinois. L'échelle est indiquée en pouces.

détecter les sources radioactives susceptibles de se trouver dans les arrivages de ferrailles. Ces systèmes perfectionnés, très sensibles et, par conséquent, onéreux ont permis, depuis 1983, de détecter plus de 400 sources radioactives ou appareils contenant des sources radioactives dans les usines américaines de production de métaux. Plus de la moitié de ces découvertes ont eu lieu au cours des cinq dernières années.

L'industrie de recyclage des métaux dispose d'un assortiment déconcertant d'équipements commerciaux de détection des rayonnements. En 1996, la Steel Manufacturers Association, association professionnelle représentant de nombreuses aciéries américaines, a parrainé des essais de terrain d'équipements disponibles dans le commerce.

La surveillance des rayonnements est aussi largement pratiquée par les exploitants d'usines manipulant ou éliminant des déchets non radioactifs, car ces usines ne sont pas autorisées à éliminer des matières radioactives autorisées. Leurs programmes de surveillance ont parfois permis de détecter des sources radioactives mélangées à des arrivages de déchets.

Depuis 1992, on a signalé à treize occasions, aux États-Unis, la découverte de sources radioactives non blindées (voir tableau et photo ci-contre). Les sources non blindées présentent un risque accru d'exposition aux rayonnements. En outre, comme elles ne sont plus protégées par le blindage, elles risquent davantage de subir des dommages physiques pouvant entraîner la rupture de l'enceinte et le rejet de matières radioactives. Parfois, il est impossible de reconstituer la dose reçue car on ne connaît ni l'historique de la source, ni ce qui est advenu avant sa découverte.

Une autre préoccupation de l'industrie du recyclage des métaux intervient après la découverte de sources radioactives – souvent appelées "sources orphelines" – dans les ferrailles. Ces sources deviennent, lors de leur découverte, la responsabilité de leur découvreur même si celui-ci, pour commencer, n'en voulait pas et n'est probablement pas préparé à en prendre possession. Il est de coutume, néanmoins, de demander à ces personnes de conserver temporairement la source, souvent avec l'aide d'experts qualifiés. Parfois, la marque du fabricant sur l'appareil ou la source permet d'identifier ces derniers et, éventuellement,

de les renvoyer au concessionnaire initial ou au fabricant. Dans le cas contraire, le transfert doit s'effectuer soit vers un récipiendaire disposé à en prendre possession, soit vers un site d'élimination. Ces opérations, cela va de soi, entraînent des frais.

Cet arrangement n'étant pas satisfaisant, des mesures doivent être prises pour l'alléger. La Conference of Radiation Control Program Directors, Inc. – organisme représentant les programmes nationaux de contrôle des rayonnements financé par l'Environmental Protection Agency (EPA) des États-Unis et par la NRC – étudie la possibilité de mettre sur pied un programme officiel de récupération et d'élimination des sources orphelines. Le Département de l'énergie met actuellement au point un programme qui permettra de lui transférer certaines sources transuraniennes.

Lorsqu'une source orpheline présente, pour la santé et la sûreté du public, un risque immédiat qu'on ne peut imputer à aucune partie, le Département de l'énergie récupérera et conservera la source à la demande de la NRC. La NRC et le Département de l'énergie ont signé un mémorandum d'accord destiné à

faciliter la prise en compte de ces demandes.

Des produits contaminés par la radioactivité importés aux États-Unis ont été détectés à dix occasions (*voir tableau ci-contre*). Dans la plupart de ces cas, les sources de contamination sont probablement des sources radioactives qui se sont mélangées aux matières premières utilisées pour fabriquer les produits. Bien qu'aucun de ces cas n'ait entraîné une exposition importante du public américain, leur apparition inattendue sur le marché suscite des inquiétudes quant à l'aptitude des programmes de réglementation à assurer la sûreté et la sécurité des sources de rayonnements.

MESURES RÉGLEMENTAIRES

Aux États-Unis, la grande majorité des appareils radioactifs sont exploités dans le cadre de licences générales. L'une des caractéristiques essentielles de ces appareils est leur conception robuste, qui permet à des personnes ayant une formation minimale en matière de radioprotection de les utiliser. Les titulaires d'une licence générale n'ont pas besoin de solliciter une autorisation car elle est prévue dans la réglementation. Le programme d'attribution de licences générales repose sur le principe selon lequel les titulaires de licences générales contrôleront les appareils, en assumeront la responsabilité et les élimineront de façon appropriée. En raison de la conception robuste des appareils, il n'existe aucun programme d'inspection systématique ni aucun mécanisme réglementaire de prise de contact régulier avec les titulaires de licences générales. En l'absence de tels contacts, il n'est pas surprenant que les programmes de certains titulaires de licences

générales se soient relâchés. Les avertissements ont été effacés par les intempéries ou par le manque d'entretien et, lorsque le personnel chargé des appareils est parti à la retraite, ces derniers ont été retirés du service ou abandonnés par le titulaire de la licence. Comme on pouvait s'y attendre, certains de ces appareils sont parvenus sans contrôle dans le domaine public, généralement rejetés avec des déchets métalliques.

En 1992, la NRC a approuvé la constitution d'un groupe de travail national chargé de cerner le problème et de formuler, à son intention, des recommandations. En 1998, suite au rapport établi par ce groupe, la Commission a décidé d'édicter des règles et des mesures concernant, notamment, le maintien de contacts plus systématiques avec certaines titulaires de licences générales afin de leur rappeler qu'ils sont responsables de la gestion, du contrôle et de l'élimination des matières autorisées. Appliquant une réglementation fondée sur le risque, le choix des titulaires de licences générales dépendrait des radio-isotopes utilisés, de leur quantité et du risque d'exposition des personnes ou de contamination des équipements (*voir tableau ci-contre*).

On notera que la Commission n'aurait pas pu justifier cette décision – qui a des incidences en matière de fiscalité et d'emploi – si elle n'avait rassemblé et analysé, pour l'étayer, des données d'exploitation.

INCIDENCES EN MATIÈRE D'INTERVENTION D'URGENCE

Lorsque surviennent des urgences radiologiques, les exigences auxquelles doivent répondre les autorités fédérales, nationales et locales peuvent devenir

PRODUITS CONTAMINÉS PAR LA RADIOACTIVITÉ IMPORTÉS AUX ÉTATS-UNIS

Produit	Contaminant	Année de découverte	Origine
Acier & fer	Co-60	1984	Mexique
Acier (Chine)	Co-60	1984	Taiwan
Acier	Co-60	1985	Brésil
Acier	Co-60	1988	Italie
Acier	Co-60	1991	Inde
Ferro-phosphore Kazakhstan	Co-60	1993	
Acier	Co-60	1994	Bulgarie
Poussières provenant de hauts fourneaux	Cs-137	1995	Canada
Plomb	Pb-210, Bi-210, Po-210	1996	Brésil
Acier	Co-60	1998	Brésil

ISOTOPES ET QUANTITÉS FAISANT L'OBJET D'UNE SURVEILLANCE RÉGLEMENTAIRE RENFORCÉE

(dans les appareils titulaires d'une licence générale aux États-Unis)

Isotopes	Quantité (MBq)
Cs-137	370
Co-60	37
Sr-90	3,7
Transuraniens	37

exorbitantes. Dans ce cas, il est indispensable de prévoir des accords d'assistance interorganisations et intergouvernementaux. Il est nécessaire de procéder à des exercices réguliers pour familiariser les intervenants avec la mise en œuvre du plan et avec les responsabilités et atouts de chacun, ainsi que pour déceler les points faibles du plan. Les interventions faisant suite à des urgences liées à la perte ou au vol de matières radioactives ou à la découverte de sources radioactives dans le domaine public posent des problèmes qui diffèrent sensiblement de ceux posés par des urgences liées à des événements survenant dans des centrales nucléaires.

Conscients de ce fait, des organismes fédéraux ont commencé à mettre en œuvre, en 1997, sous la direction de l'EPA et de la NRC, des exercices d'intervention d'urgence en cas de découverte de sources radioactives. Ces exercices ont été menés dans le cadre du Plan fédéral



Ci-dessus : Les avertissements sont effacés sur cette jauge nucléaire contenant du césium (objet hémisphérique au centre). Elle a été retrouvée par une aciérie de l'Arkansas (États-Unis) dans un arrivage de ferraille. Autres photos : dans un exercice d'intervention d'urgence mené en 1999 en Caroline du Nord (États-Unis), on a supposé qu'une source radioactive avait été broyée dans une usine de recyclage de métaux (centre gauche). Cet exercice a simulé un événement réel survenu en 1998 lorsqu'une source d'américium 241 a été ainsi broyée en Pennsylvanie (États-Unis). L'exercice a fait intervenir des spécialistes nationaux de la radioprotection (à gauche), les autorités locales responsables des matières dangereuses et les équipes et véhicules d'intervention en cas d'urgence radiologique (en haut). (Crédit : NRC)

d'intervention radiologique d'urgence (FRERP) et du plan national d'urgence en collaboration avec d'autres organismes fédéraux et administrations nationales et locales, avec le soutien du secteur privé.

Deux exercices ont été menés, le premier en 1997 et le second en 1999. Tous deux ont comporté des volets théoriques et pratiques. Le premier exercice a simulé la découverte d'une importante source non blindée de rayonnements gamma dans une décharge municipale. Le second s'est déroulé dans une usine de traitement de ferrailles et a simulé la rupture, par des équipements, d'une source d'américium 241 et la contamination consécutive des équipements et d'un employé.

Le rapport et les recommandations concernant le premier exercice ont été publiés en 1998. Un rapport sur le second exercice est en préparation. L'une des principales conclusions tirées de ces exercices a été qu'il était nécessaire de mener des exercices complémentaires dans différentes régions du pays. En incitant les principales parties à intervenir face à de telles urgences, les exercices les sensibilisent au problème, familiarisent les intervenants avec les responsabilités et atouts de chacun, et améliorent la qualité de leurs interventions face à des urgences réelles. Parmi les moyens fédéraux auxquels il peut être fait appel, on peut citer un système de surveillance aérienne des rayonnements qui peut aider à localiser des sources perdues ou volées, et des équipements spécialisés permettant de récupérer les sources en question.

En 1998, le FRERP a été activé et ces moyens mis en œuvre pour faire face au vol, dans un hôpital de Caroline du Nord, de 19 sources de césium 137 utilisées en curiethérapie. Parmi les moyens

fédéraux mis en œuvre pour aider cet État, on citera le déploiement, par le Département de l'énergie, de systèmes aériens et terrestres de recherche de rayonnements et la coopération, dans le cadre de l'enquête criminelle, de la police judiciaire fédérale (FBI). Si les sources n'ont pas été récupérées, des mesures ont été prises pour exclure tout risque d'exposition de la population.

UNE SURVEILLANCE EFFICACE

La NRC a plus de quarante ans d'expérience de la surveillance réglementaire des sources radioactives. Son expérience de la sûreté et de la sécurité des sources radioactives montre qu'un programme national de réglementation efficace est nécessaire pour surveiller l'utilisation qui est faite des sources de rayonnements.

Le programme de la NRC, qui examine et analyse les rapports et d'autres informations concernant les pertes, vols, abandons et découvertes de sources radioactives, a aidé à déceler et à caractériser l'existence, dans les appareils utilisés dans le cadre du programme de licences générales, un problème de sûreté et de sécurité des sources radioactives.

En conséquence, la NRC a approuvé un plan visant à mettre en œuvre, avec les États signataires d'un accord, un examen ciblé du problème et à élaborer des recommandations concrètes. L'examen a pris la forme de réunions ouvertes et publiques auxquelles étaient invités toutes les parties prenantes, à savoir les personnes et organisations concernées ou intéressées tant par le problème que par la recherche de solutions réglementaires.

Le groupe de travail a recommandé à la NRC d'accroître, d'une part, la

fréquence de ses contacts avec les titulaires de licences générales et d'adopter, d'autre part, une démarche fondée sur les risques en orientant son action sur les appareils présentant le plus grand risque d'exposition du public ou de contamination des équipements en cas de perte, de vol ou d'abandon.

La Commission a approuvé la démarche recommandée et a demandé à son personnel de rédiger une réglementation et de mettre en œuvre, en utilisant de façon efficace et rationnelle les ressources limitées de la NRC, des changements permettant de résoudre le problème.

Par ailleurs, conscientes du fait que la perte, le vol ou l'abandon de sources radioactives risquent d'entraîner de graves expositions aux rayonnements ou contaminations radioactives des équipements, la NRC et l'EPA ont mis en œuvre des exercices d'intervention axés sur ce type d'événement.

Pour résumer, un grand nombre d'appareils radioactifs sont utilisés aux États-Unis. Dans l'ensemble, leur bilan de sûreté est excellent. Les nombreuses applications des sources radioactives, correctement utilisées par du personnel qualifié soumis à une surveillance réglementaire efficace, sont sûres et absolument bénéfiques pour la société.

Lorsque des problèmes surviennent, qu'il s'agisse de surexpositions ou de la contamination d'équipements, il est impératif de signaler rapidement aux organismes de réglementation. On peut prendre, au besoin, des mesures d'intervention d'urgence appropriées et analyser les problèmes. Ainsi, des mesures réglementaires fondées sur les risques peuvent être prises pour assurer le maintien de la sûreté et de la sécurité des sources radioactives. □

NORMES DE RADIOPROTECTION

ILLUSTRATION DES PROGRÈS INTERNATIONAUX

ALEJANDRO V. BILBAO ALFONSO ET ANTHONY D. WRIXON

L'élaboration de normes de radioprotection est une fonction statutaire de l'AIEA qui est unique dans le système des Nations Unies. Les statuts de l'AIEA autorisent expressément l'Agence à "établir des normes de sûreté" et à "garantir l'application de ces normes". Il s'agit là d'activités hautement prioritaires de l'AIEA.

Le Conseil des gouverneurs de l'AIEA a approuvé pour la première fois des normes fondamentales de radioprotection en juin 1962. Trois révisions ont été publiées depuis : en 1967, 1982 et 1996. La dernière édition – intitulée *Normes fondamentales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements* (NFR), est le produit d'une vaste coopération internationale. Les normes, qui s'inspirent étroitement des recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), sont parrainées par cinq autres organisations : l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Organisation internationale du travail (OIT), l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN), l'Organisation panaméricaine de la santé (PAHO) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Les NFR forment la base de la réglementation nationale d'un grand nombre de pays et trouvent leur expression dans les documents réglementaires des principaux organismes internationaux. Depuis leur adoption, on s'efforce davantage, dans de nombreux pays, de réexaminer et de réviser la réglementation nationale correspondante.

Au fil des années, l'AIEA a établi et publié plusieurs collections de critères et de guides de radioprotection. Elle examine et révisé actuellement nombre d'entre eux afin de les conformer à la dernière édition des NFR.

LE PROGRAMME RASS

La collection Normes de sûreté de l'AIEA – baptisée RASS (Radiation Safety Standards) – forme un ensemble de publications de type réglementaire traduisant le consensus qui se dégage, à l'échelon international, en ce qui concerne les principes de radioprotection et de sûreté radiologique et leur application dans la réglementation. Si nombre des documents RASS sont destinés aux pays en développement, l'ensemble de la collection peut très bien servir de guide aux États membres de

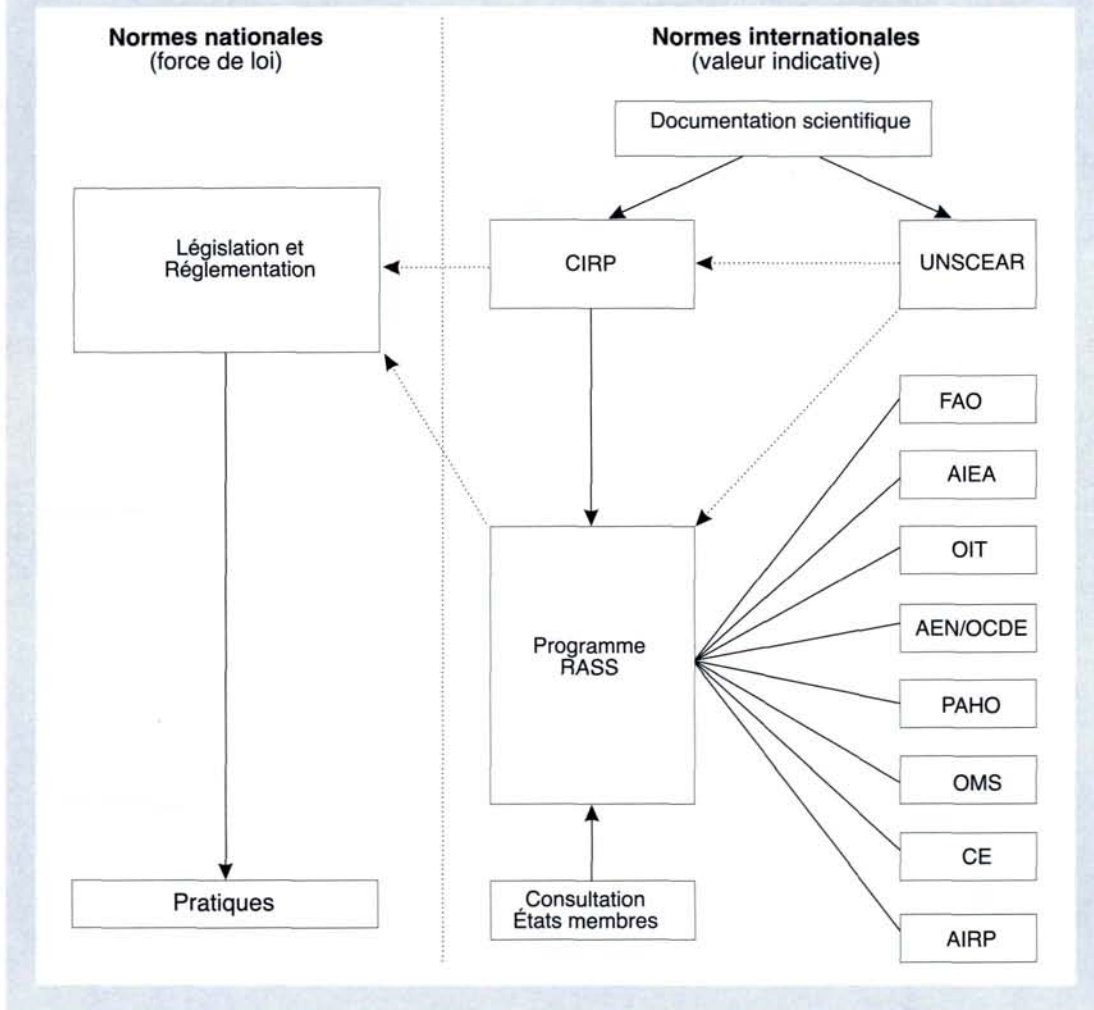
l'AIEA sur les derniers progrès accomplis au niveau international. Elle illustre les rapports qui existent avec des organisations internationales et les liens éventuels qui existent avec les législations et réglementations nationales (*voir figure, page 29*).

Dans sa structure globale actuelle, la collection RASS comprend environ 20 publications en préparation. On espère établir, d'ici à la fin de l'an 2000, un ensemble uniforme et cohérent de publications RASS (*voir encadré page 30*).

Notions fondamentales de sûreté. Les principes fondamentaux de la radioprotection et de la sûreté radiologique sont énoncés dans le document intitulé *Safety Fundamentals: Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources* (Collection Sécurité n° 120, 1996). Ce document explique les méthodes de radioprotection et de sûreté radiologique aux hauts responsables chargés de la politique ou de la réglementation, ainsi qu'aux personnes qui prennent des

M. Bilbao est employé à la Division de la sûreté radiologique et de la sûreté des déchets de l'AIEA, et M. Wrixon est le chef de la Section de radioprotection de cette division.

**ÉLABORATION DE NORMES DE RADIOPROTECTION :
Recherche d'un consensus international en matière de réglementation**



décisions concernant l'utilisation des rayonnements en médecine, dans l'industrie, dans l'agriculture et dans d'autres secteurs.

Critères de sûreté. Il n'existe actuellement qu'un document dans cette catégorie : les NFR (Collection Sécurité n° 115; 1996), qui établissent les critères fondamentaux en matière de radioprotection et de sûreté radiologique, définissent les obligations et responsabilités et énoncent les conditions d'application et d'intervention.

Un deuxième document relatif aux critères de sûreté, en cours d'élaboration, proposera une

méthode harmonisée de préparation aux situations d'urgence et d'intervention applicable dans tous les domaines de la sûreté des installations nucléaires, des rayonnements, des déchets radioactifs et des transports. Ce document est coparrainé par la FAO, l'AEN et l'OMS.

Guides de sûreté. Plusieurs guides de sûreté ont été produits ou sont produits actuellement pour compléter ou illustrer les critères énoncés dans les NFR, notamment en ce qui concerne la sûreté des sources de rayonnements et sûreté des matières radioactives. Un

nouveau guide de sûreté – en préparation – aidera les États membres à mettre sur pied une infrastructure réglementaire tenant compte des critères des NFR et de l'usage qu'ils font des rayonnements. Ce guide s'inspire grandement du document technique publié par l'Agence sur l'organisation et la mise en œuvre d'une infrastructure réglementaire nationale régissant la protection contre les rayonnements ionisants et la sûreté des sources de rayonnements TECDOC-1067, publié en février 1999). Le préambule des NFR indique clairement que les critères partent

DOCUMENTS DE LA COLLECTION NORMES DE RADIOPROTECTION DE L'AIEA

NORMES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ

Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources (SS-120, 1996)

CRITÈRES DE SÛRETÉ

International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources (SS-115, 1996)*Requirements on Preparedness and Response for Nuclear and Radiological Emergencies* (NS-43)

GUIDES DE SÛRETÉ

GÉNÉRALITÉS	PRATIQUES			INTERVENTIONS	
	PROFESSIONNELLES	PUBLIQUES	MÉDICALES	CHRONIQUES	URGENCES
Operational Radiation Protection: A Guide to Optimization (SS-101, 1990)	<i>Assessment of Occupational Exposure due to External Sources of Radiation</i> (NS-12)	<i>Consumer Products Containing Radioactive Substances</i> (NS-31)	<i>Radiation Protection in Medical Exposures</i> (NS-22)	<i>Control of Chronic Exposure</i> (NS-51)	<i>Criteria for Use in Planning Response to Nuclear and Radiological Emergencies</i> (NS-44, revision of SS-109)
Radiation Safety of Gamma and Electron Irradiation Facilities (SS-107, 1992)	<i>Radiation Protection of Workers in the Mining and Processing of Raw Materials</i> (NS-17, revision of SS-26)				<i>Preparedness for Nuclear and Radiological Emergencies</i> (NS-105, revision of SS-50-SG-G6, SS-50-SG-06 and SS-98)
<i>Application of the Radiological Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance</i> (NS-33, revision of SS-89)	<i>Occupational Radiation Protection</i> (NS-69)				
<i>Preventing, Detecting and Responding to Illicit Trafficking in Radioactive Materials</i> (NS-61)	<i>Assessment of Occupational Exposure due to Intakes of Radionuclides</i> (NS-85)				
<i>Establishing a National Regulatory Infrastructure for Radiation Safety</i> (NS-67)					
<i>Building Competence in Radiation Protection and for the Safe Use of Radiation Sources</i> (NS-73)					
<i>Quality Assurance in Radiation Safety</i> (NS-113)					
<i>Safety of Radiation Sources</i> (NS-114)					
	Note : les documents indiqués en caractères italiques gras ont été publiés dans la Collection Sécurité de l'AIEA. Ceux indiqués en caractères <i>italiques</i> seulement sont en cours d'élaboration.				

de l'hypothèse qu'a été mise en place une infrastructure nationale permettant au gouvernement d'assumer ses responsabilités en matière de radioprotection et de sûreté radiologique. L'expérience a montré, cependant, que tel n'est pas le cas dans de nombreux pays. C'est pourquoi ce guide de sûreté est considéré comme revêtant une très grande importance.

Les principes d'exemption sont traités dans un guide de sûreté existant (Collection Sécurité n° 89; 1988), qui a besoin d'être révisé. Son champ d'application doit également être étendu au concept d'exclusion. Les deux concepts sont en effet

des éléments fondamentaux des NFR. Dans le concept de sûreté des sources de rayonnements, on s'emploie à définir les principes en vertu desquels la personne responsable d'une source peut être exemptée de l'obligation d'entreprendre une étude de sûreté approfondie.

L'optimisation de la protection est l'un des principaux critères de radioprotection énoncés dans les NFR. Des méthodes générales concernant l'application de ce critère sont décrites dans le guide de sûreté existant (Collection Sécurité n° 101, 1990). Ce guide sera révisé pour tenir compte des théories

actuelles concernant l'application des principes. Il abordera, notamment, la question importante de la gestion de l'exposition aux rayonnements sur le lieu de travail, y compris la sûreté des sources de rayonnements.

Dans le cadre du programme de lutte contre le trafic illicite des matières radioactives, il a été établi un nouveau guide de sûreté sur la prévention, la détection et la lutte contre le trafic illicite des matières radioactives. Ce guide est coparrainé par l'Organisation mondiale des douanes (OMD) et l'Organisation internationale

de police criminelle (INTERPOL). Il est prévu d'établir un ensemble de manuels techniques d'appui qui contiendront des informations sur les matières généralement visées par le trafic illicite, sur la prévention et la détection du trafic, sur les interventions mises en œuvre ainsi que sur la formation des douaniers et des policiers.

La formation est un volet très important du programme actuel de l'Agence. Outre diverses stages organisés dans le monde et un soutien apporté aux programmes de formation mis en œuvre par les États membres, l'Agence a mis sur pied un programme d'élaboration de documents d'orientation appropriés. Il a été produit un nouveau guide de sûreté traitant du développement des moyens de radioprotection et de la sûreté des sources de rayonnements, qui aide les organismes chargés de la réglementation à établir des normes de formation et de qualification et propose une stratégie de perfectionnement des compétences.

Un nouveau guide de sûreté est également en cours d'élaboration pour préciser les critères des NFR relatifs à la sûreté des sources radioactives. Ce guide inclut la révision d'un rapport de sûreté existant (Collection Sécurité n° 104; 1990) consacré aux expositions potentielles.

Un ensemble de trois guides de sûreté abordant les aspects généraux du contrôle des expositions professionnelles a été mis au point et sera publié en 1999. Le premier présente les éléments nécessaires à l'élaboration d'un programme efficace de protection des travailleurs. S'y ajoutent deux guides décrivant la procédure à suivre pour évaluer avec précision, respectivement, les

LE PROGRAMME NORMES DE SÛRETÉ

On trouvera un rapport plus complet sur la mise en œuvre du programme Normes de sûreté de l'AIEA dans le contexte international, y compris une liste de publications sur la sûreté radiologique et nucléaire et la sûreté des déchets et des transports, dans le numéro de juin 1998 (Vol. 40, n° 2) du *Bulletin de l'AIEA*.

Ce numéro décrit les procédures suivies par l'Agence pour établir, réexaminer, réviser et publier les normes de sûreté, et passe en revue d'autres aspects du cadre général de la sûreté nucléaire et radiologique dans le monde.



expositions professionnelles externes et internes. Ces publications sont coparrainées par l'OIT. Il est prévu de publier ces trois guides de sûreté ainsi que les NFR et le n° 120 de la Collection Sécurité sur disquette sous la forme d'un jeu de documents interconnectés consultables (les NFR sont déjà disponibles sous cette forme).

Les orientations générales concernant l'exposition professionnelle sont complétées par un nouveau guide de sûreté spécifique s'inspirant du guide existant (Collection Sécurité n° 26; 1983). Ce guide a pour objet de proposer une méthode intégrée de contrôle des expositions dues à des irradiations externes et internes liées à des sources artificielles et naturelles survenant dans des installations d'extraction et de traitement de matières premières. Il est coparrainé par l'OIT.

La sûreté des produits de consommation contenant des matières radioactives fait l'objet d'un nouvel autre guide de sûreté. Bien que déjà établi, ce guide fait l'objet d'un réexamen visant à le conformer aux nouvelles orientations qui seront élaborées en matière d'exemption et d'exclusion.

Un nouveau guide de sûreté a également été produit pour compléter et développer les critères des NFR relatifs à la radioprotection des patients. Ce guide, coparrainé par l'Organisation panaméricaine de la santé et par l'OMS, devrait bientôt être soumis aux États membres pour qu'ils le commentent.

Un nouvel autre guide de sûreté couvrant tous les aspects de la planification des interventions d'urgence inclura la révision du guide de sûreté existant (Collection Sécurité n° 109; 1994), qui avait été établi parallèlement aux NFR, et incorporera et remplacera plusieurs guides existants (Collection Sécurité n° 55 et 91; 1988 et 1989 respectivement), y compris certains guides de la Collection Sûreté nucléaire. Un nouveau guide de sûreté distinct traitera de la préparation aux urgences nucléaires et radiologiques. Il inclura la révision des guides de sûreté (Collection Sécurité n° 50-SG-G6, 50-SG-06 et 98; 1982, 1982 et 1989 respectivement). Il devrait être coparrainé par l'AEN, l'OMS et, vraisemblablement, l'OIT. □

RENFORCER LES CAPACITÉS

LA SÛRETÉ DES APPLICATIONS DES RAYONNEMENTS APRÈS L'AN 2000

PAULO M. C. BARRETTO

Les individus sont exposés à des rayonnements ionisants revêtant plusieurs formes différentes : les rayonnements cosmiques qui pénètrent l'atmosphère terrestre, ou les rayonnements provenant du sol et des minéraux, sont des formes naturelles de rayonnements ionisants. D'autres formes sont produites artificiellement au moyen de matières radioactives dans le cadre de diverses applications bénéfiques – médicales, industrielles ou autres.

Les principales inquiétudes concernant les rayonnements ionisants ont trait à leurs effets potentiels sur la santé. Un système de radioprotection a donc été mis au point pour protéger les individus contre les sources de rayonnements. La promotion de la radioprotection est l'une des principales activités de l'AIEA. En outre, l'application des normes de sûreté de l'Agence dans des accords bilatéraux et multilatéraux tels que les projets de coopération technique est obligatoire. C'est pourquoi les États membres de l'AIEA consacrent d'importantes ressources financières et techniques à la sûreté

radiologique et à la radioprotection.

Le présent article fait le point des progrès accomplis dans le cadre d'un projet-pilote de l'AIEA*. Ce projet a été conçu pour renforcer les infrastructures de radioprotection et de sûreté radiologique dans ses États membres. On trouvera ci-après un aperçu des activités menées à ce jour et des problèmes qui se posent à la communauté internationale.

Rappel historique. De 1989 à 1998, l'Agence a dépensé plus de 54 millions de dollars dans 97 pays en développement pour aider ces derniers à renforcer leurs moyens de radioprotection et de sûreté des sources de rayonnements. Cet effort s'est traduit par la mise en œuvre de 1330 projets dans le cadre desquels on a formé 4147 chercheurs et techniciens nationaux à différents aspects de la radioprotection ; créé des centaines de laboratoires et de centres d'étalonnage ; et offert une importante assistance en matière de législation et de réglementation. Les activités destinées à aider à renforcer les moyens et les infrastructures des pays ont donné lieu à 2832 missions d'experts, stages de formation et consultations.

L'investissement total opéré depuis 1989 est encore plus important – 78 millions de dollars – si l'on inclut l'assistance offerte dans des domaines connexes tels que la gestion des

déchets radioactifs et la protection de l'environnement dans le contexte de la conception, de la construction, de l'exploitation et du déclassement des installations nucléaires.

Malgré cet investissement, une enquête sur la radioprotection menée par l'Agence en 1993 a abouti à des conclusions inquiétantes. Cette enquête, qui portait sur les États membres participant au programme de coopération technique, a révélé qu'au moins 52 pays ne disposaient pas d'une infrastructure de radioprotection et de sûreté radiologique répondant aux normes de l'Agence.

Cette constatation a suscité de vives inquiétudes car les équipes consultatives de l'Agence pour la radioprotection (RAPAT) avaient visité la plupart de ces 52 pays au cours des neuf années précédentes. Plus de 60 missions ont été dépêchées sur le terrain entre 1984 et 1992. Ces missions ont non seulement évalué la situation prévalant à l'époque, mais ont également – fait plus important – conseillé les autorités nationales compétentes sur les mesures à prendre pour renforcer leur

**voir "Sûreté radiologique et sûreté des déchets : renforcer les capacités nationales", Paulo Barretto, Geoffrey Webb et Khammar Mrabit, Bulletin de l'AIEA, Vol. 39, n° 1 (1997).*

M. Barretto est directeur de la Division de l'Europe, de l'Amérique latine et de l'Asie occidentale au Département de la coopération technique de l'AIEA.

ÉTATS MEMBRES PARTICIPANT AU PROJET-PILOTE DE RENFORCEMENT DES INFRASTRUCTURES DE PROTECTION ET DE SÛRETÉ RADIOLOGIQUES

Afrique	Europe	Amérique latine	Asie occidentale	Asie orientale
Cameroun	Albanie	Bolivie	Jordanie	Bangladesh
Côte d'Ivoire	Arménie	Colombie	Kazakhstan	Mongolie
RD du Congo	Bélarus	Costa Rica	Liban	Myanmar
Éthiopie	Bosnie-Herzégovine	République dominicaine	Qatar	Sri Lanka
Gabon	Chypre	El Salvador	Arabie saoudite	Viet Nam
Ghana	Estonie	Guatemala	Syrie	
Madagascar	Géorgie	Jamaïque	Émirats arabes unis	
Mali	Lettonie	Nicaragua	Ouzbékistan	
Maurice	Lituanie	Panama	Yémen	
Namibie	ex-République yougoslave de Macédoine	Paraguay		
Niger	Moldova			
Nigeria				
Sénégal				
Sierra Leone				
Soudan				
Ouganda				
Zimbabwe				

infrastructure nationale de radioprotection. Les résultats ont clairement fait ressortir que, pour une raison ou pour une autre, les États ne suivaient pas les conseils de l'Agence. Il était également évident que l'offre, par l'Agence, d'une assistance et de services ne suffirait pas en soi à inciter les pays à établir l'infrastructure juridique et technique de base correspondant à l'utilisation qu'ils faisaient des applications nucléaires. Une nouvelle démarche s'imposait donc pour éliminer les facteurs qui faisaient obstacle aux pays.

De par sa conception, cette nouvelle démarche devrait :
 ■ aller bien au delà de la simple offre de conseils, de stages de formation et d'équipements – ce qui est la manière traditionnelle de proposer les programmes et services de coopération technique. L'Agence devrait ainsi collaborer étroitement avec son homologue dans l'État membre et mettre conjointement en œuvre diverses activités : rédaction de textes législatifs, rencontres avec des ministres et des députés, contrôles de la

formation et production de documents pédagogiques.

■ être efficace en termes de durée de mise en œuvre : il est en effet souhaitable que la situation actuelle ne s'éternise pas. Une période de cinq ans a été jugée appropriée pour atteindre les principaux objectifs à condition que le gouvernement maintienne son appui tout au long de la phase de mise en œuvre.

■ être suffisamment globale pour couvrir simultanément, de façon intégrée, tous les aspects nécessaires de la radioprotection et de la sûreté radiologique dans les 52 pays.

Il s'agissait là, sans aucun doute, d'un formidable défi pour l'Agence. Avant tout, de nombreuses mesures devant être prises à l'échelon national, il était impératif que chaque pays participant s'engage fermement, au niveau le plus élevé du gouvernement, à respecter tant le calendrier que les mesures convenues.

MISE EN PLACE DE SOLUTIONS

La formule retenue pour mettre en place des solutions a été celle du projet-pilote. Ces projets de

coopération technique de l'Agence doivent satisfaire à des critères très stricts : ils doivent, par exemple, répondre aux besoins nationaux et régionaux prioritaires ; bénéficier d'un ferme engagement des gouvernements ; et produire des avantages évidents conformes aux objectifs nationaux de développement.

Dans le cadre du programme de coopération technique de l'AIEA, le projet-pilote est associé à des programmes-cadres de pays qui recensent les activités prioritaires de chaque pays en développement et à des "plans thématiques" qui font ressortir les solutions techniques les plus intéressantes en vue de leur application dans plusieurs États membres.

On notera que le premier plan thématique mis en œuvre a été le projet-pilote visant à renforcer les infrastructures de radioprotection, qui regroupait à l'origine six États membres. L'enquête de 1993, cependant, avait fait apparaître qu'un bien plus grand nombre de pays – environ 52 – avaient besoin qu'on les aide à renforcer leurs infrastructures de

LE PROGRÈS PAR LA COOPÉRATION TECHNIQUE
Pourcentage d'États appliquant des éléments du Plan d'action pour la mise en œuvre
du projet-pilote de renforcement des infrastructures de protection et de sûreté radiologiques

Éléments du Plan d'action	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Région (pays)	Législation (en vigueur/approuvée)	Réglementation (en vigueur/approuvée)	Organisme national de réglementation (en place)	Notification, autorisation & inspection (en place)	Contrôle de l'exposition professionnelle*	Contrôle de l'exposition médicale**	Contrôle de l'exposition du public	Gestion des déchets	Plan d'intervention d'urgence	Soutien technique	Mise en valeur des ressources humaines
Europe (11)	82/-	46/9	73	63	73 (27)/55 (45)	55/64/55	45	64	45	45	63
Amér. lat. (10)	89/11	78/11	78	89	78 (11)/44 (33)	22/45/12	63	11	11	44	78
Asie occid. (9)	33/56	22/44	22	11	67 (22)/- (89)	-	-	-	-	-	-
Asie orient. (5)	80/20	20/60	80	40	100 (-)/- (100)	-	-	-	-	-	-
Afrique (17)	65/-	29/18	41	41	53 (18)/18 (59)	6/12/-	18	12	-	47	35

1ÈRE ÉTAPE

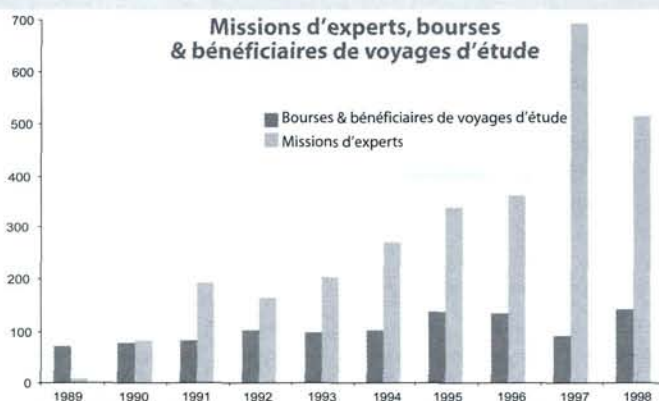
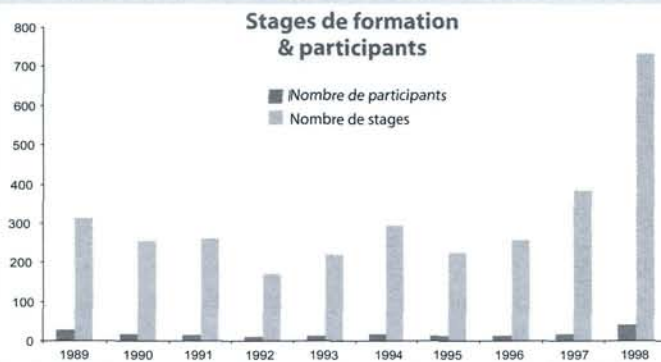
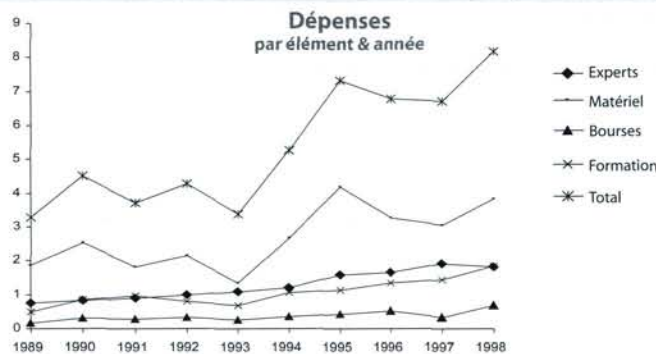
2ÈME ÉTAPE

3ÈME ÉTAPE

4ÈME ÉTAPE

*Établi ou en cours d'établissement (% entre parenthèses) pour la surveillance des individus/lieux de travail. **Établi et pleinement opérationnel pour la radiologie diagnostique, la radiothérapie et la médecine nucléaire. En outre, des contrôles médicaux existent mais doivent être améliorés dans toutes les régions à divers degrés, allant de 4% des États en Afrique pour la radiologie à 100% des États en Asie orientale pour la radiothérapie.

ÉVOLUTION DE LA COOPÉRATION TECHNIQUE EN MATIÈRE DE PROTECTION ET DE SÛRETÉ RADIOLOGIQUES, 1989-1998



radioprotection et de sûreté radiologique. Il fallait, si l'on ne voulait pas mettre trop de temps pour améliorer la situation dans tous les pays participants, opérer des ajustements en termes de programme et de gestion. Aujourd'hui, le projet regroupe dix-sept pays d'Afrique, onze d'Europe, dix d'Amérique latine, neuf d'Asie occidentale et cinq d'Asie orientale (voir encadré, page 33).

Fixation des étapes. Une infrastructure nationale de sûreté se compose essentiellement des éléments suivants : législation et réglementation concernant la radioprotection ; organisme de réglementation clairement défini et indépendant ; système de notification, d'autorisation et de contrôle ; programme national de suivi des spécialistes des rayonnements ; laboratoires et méthodes de contrôle de l'exposition du public aux rayonnements naturels et autres sources ; inventaire des sources de rayonnements ; gestion des déchets radioactifs ; système de préparation aux situations d'urgence et d'intervention ; et système de mise en valeur des ressources humaines et de formation.

Une fois ces éléments étudiés parallèlement aux Normes

fondamentales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements (NFR) de l'AIEA, un "plan d'action" a été établi pour chaque État membre. Quatre étapes ont été fixées pour mesurer les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs globaux du projet :

- Contrôle réglementaire des sources de rayonnements (inventaire des sources, installations, lois et règlements, organismes de réglementation, services d'appui, formation du personnel, et système de notification, d'autorisation, d'inspection et d'application) ;
- Contrôle de l'exposition professionnelle, publique et médicale (dosimétrie individuelle, surveillance de l'environnement, et optimisation de l'exposition médicale) ;
- Contrôle des déchets radioactifs (manipulation, transport, stockage et élimination des déchets radioactifs, et suivi et surveillance des installations de gestion de déchets radioactifs) ;
- Préparation aux situations d'urgence et interventions (établissement d'un programme national d'intervention en cas d'urgence radiologique).

On s'attendait à ce que la première étape soit la plus difficile et la plus longue à mettre en œuvre, car elle nécessitait de rédiger des textes législatifs et de les faire approuver par le parlement ou le congrès de chaque pays. Cependant, il était impératif de définir clairement et sans équivoque les responsabilités et compétences dans le domaine nucléaire et en matière de sûreté dans chaque pays si l'on voulait que les textes soient appliqués. C'est pourquoi on a placé l'accent, dans les trois premières années du projet, sur l'assistance législative.

Bien que l'élaboration d'une infrastructure solide, à l'échelon national, nécessite des années de mise en œuvre efficace et d'appui continu du gouvernement, des plans d'action ont été établis de façon que les critères des NFR puissent être respectés au plus tard en cinq ans.

Plans d'action. Les plans d'action sont adaptés aux besoins de chaque État membre participant. Les manques ou carences de leur infrastructure de sûreté ont été identifiés et analysés, et des mesures correctives ont été prises, formant une phase du plan d'action du pays.

Les plans d'action sont ainsi devenus un puissant instrument de gestion permettant d'identifier les besoins en matière de radioprotection, les obligations et les responsabilités de chaque État membre et les mesures à prendre par l'AIEA. Chaque plan d'action part du principe que les autorités gouvernementales et nationales sont disposées à respecter les obligations décrites dans les NFR. On a donc sollicité et obtenu des engagements fermes, et les plans d'action ont été examinés et finalisés de façon individuelle. La mise en œuvre des plans d'action respectifs a été soumise à leur approbation officielle préalable par chaque État membre. De cette façon, les États membres s'engageraient fermement non seulement à respecter les aspects législatifs, mais également à répondre aux besoins en ressources humaines et financières.

Normes de mise en œuvre. La mise en œuvre d'un projet aussi vaste et diversifié – nécessitant plus de 15 millions de dollars – exigeait de trouver un équilibre entre des mesures et des critères normalisés et la prise en compte

particulière de chaque État membre. C'est ainsi qu'ont été normalisées plusieurs procédures et méthodes, notamment :

- Compréhension et respect des traditions juridiques nationales permettant leur adaptation locale lors de l'établissement d'infrastructures juridiques nationales. À cette fin, l'AIEA a établi un guide technique, et d'autres sont en cours d'élaboration (*voir encadré*) ;
- Préparation et distribution de formulaires de notification, d'autorisation, d'inspection et de contrôle des pratiques radiologiques, ainsi que de listes de contrôle et de procédures connexes ;
- Mise au point et diffusion d'un système d'information utilisable par les autorités chargées de la réglementation et pour l'inventaire des sources de rayonnements. Un tel système a été mis au point et mis en service simultanément dans les 52 États membres ;
- Formation normalisée du personnel (stages nationaux, régionaux et interrégionaux) tenant compte la formation prévue dans le cadre des accords de coopération régionaux pour l'Afrique, l'Amérique latine et l'Asie/Pacifique pour éviter toute redondance ;
- Évaluation de l'efficacité des mesures prises afin de remédier aux faiblesses et, au besoin, d'ajuster les plans d'action en conséquence pour maintenir la dynamique du projet.

INDICATEURS DE PROGRÈS

La mise en œuvre du projet-pilote se caractérise, à ce jour, par des progrès réguliers. Les indicateurs font apparaître une intensification des activités entre 1995 et 1998 (*voir tableau et graphiques page 34*).

Par exemple, le niveau des dépenses dans ce domaine, qui était de 3,5 millions de dollars avant 1994, a doublé pour atteindre 7 millions. De même, le nombre de missions d'experts, de conférenciers et de consultants est passé de 200 par an avant 1994 à plus de 500 en 1998.

Évalués par étapes, la plupart des États membres ont déjà achevé la première et ont commencé à mettre en œuvre les trois suivantes. Ces États sont ceux dont on peut escompter qu'ils respecteront les critères des NFR d'ici à la fin de l'an 2000.

D'autres États membres ont, en revanche, rencontré des difficultés : problèmes économiques, conflits locaux et/ou régionaux, instabilité politique, absence d'organisations efficaces, pénurie de ressources, faiblesse des

infrastructures nationales, complexité des lois existantes, et incapacité des autorités nationales à analyser les problèmes. Ces États n'ont pas encore pu s'acquitter de leurs obligations, et il est improbable qu'ils pourront respecter les critères minima des NFR d'ici à la fin de l'an 2000.

Le nombre d'États membres ayant mis en œuvre les principaux éléments du plan d'action est très important. En règle générale, les quatre premiers éléments ont été ou sont actuellement mis en œuvre par tous les États. D'autres, cependant, tels que les réglementations relatives à la gestion des déchets et aux transports, les codes de pratiques et les programmes d'assurance de la qualité, restent à mettre en œuvre dans la plupart des pays participants (voir tableau page 34).

ACCÉLÉRER LE RYTHME

Pour résumer, d'importants progrès ont été accomplis par les États en ce qui concerne l'établissement et/ou l'amélioration du niveau de radioprotection grâce à ce projet-pilote. À ce jour, environ 70% des États participants ont achevé au moins la première étape.

La mesure dans laquelle les autres étapes seront mises en œuvre d'ici à l'an 2000 dépendra entièrement de la volonté de chaque État d'assumer ses responsabilités vis-à-vis du projet.

Les progrès réalisés à ce jour sont les bienvenus. Il est impératif, cependant, que les États participants intensifient leur action s'ils veulent renforcer leurs moyens et améliorer leur niveau de radioprotection d'ici à la fin de l'an 2000. □

GUIDES SUR LA RADIOPROTECTION

À l'appui du projet-pilote, l'AIEA élabore actuellement, par l'intermédiaire de son Département de la sûreté nucléaire, des documents d'orientation traitant des aspects essentiels de la radioprotection. Certains de ces documents ont été publiés ; d'autres, en préparation, sont disponibles dans une version provisoire. Ces documents sont notamment :

■ *Organization and Implementation of a National Infrastructure Governing Protection against Ionizing Radiation and the Safety of Radiation Sources* (TECDOC-1067, février 1999). Ce document traite des infrastructures de protection et de sûreté des sources de rayonnements utilisées en médecine, dans l'agriculture, dans la recherche, dans l'industrie et dans l'enseignement. Il est coparrainé par l'AIEA, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques, l'Organisation panaméricaine de la santé et l'Organisation mondiale de la santé.

■ *Establishing a National Regulatory Infrastructure for Radiation Safety*, nouveau guide de sûreté en cours

de préparation. Ce guide énoncera les spécifications essentielles d'une infrastructure réglementaire appropriée eu égard, en particulier, à l'organisme national de réglementation. Il tient également compte de questions connexes abordées dans d'autres documents d'orientation prévus, y compris un guide de sûreté sur les infrastructures juridiques et gouvernementales chargées de la sûreté des installations nucléaires, des rayonnements, des déchets radioactifs et des transports ; et un guide sur la préparation aux urgences nucléaires et radiologiques et les interventions en cas d'urgence.

■ *Safety Assessment Plans for Authorization and Inspection of Radiation Sources*, projet de document technique en préparation. Ce document décrit des méthodes et des plans devant faciliter la réalisation d'études de sûreté menées en vue d'obtenir des autorisations et le contrôle d'opérations faisant intervenir des sources de rayonnements.

■ *Assessment by Peer Review of the Effectiveness of Regulatory Programmes for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*, projet de rapport de sûreté en préparation.

PRÉVENIR LE PROCHAIN CAS

MATIÈRES RADIOACTIVES ET TRAFIC ILLICITE

KLAUS E. DUFTSCHMID

Les sources de rayonnements, en présence de réglementations lâches ou en l'absence de tout contrôle, forment un élément essentiel d'un problème plus vaste qui se pose à la communauté internationale dans les années 90, à savoir le trafic illicite des matières nucléaires et d'autres matières radioactives.

En soi, le trafic n'est pas un phénomène nouveau. Néanmoins, les inquiétudes concernant un "marché noir" atomique se sont considérablement amplifiées, peut-être du fait de plusieurs incidents notoires liés au trafic, découvert en 1994 en Europe, de matières nucléaires à vocation militaire. Bien que le nombre de cas de trafic illicite ait considérablement augmenté depuis le démantèlement de l'ancienne Union soviétique, le problème dépasse le cadre de l'Europe et des questions de prolifération nucléaire.

Selon les rapports recensés par l'AIEA, le nombre de cas faisant intervenir des sources radioactives ainsi que de l'uranium faiblement enrichi, naturel et appauvri dépasse de loin (plus de neuf fois) la fréquence des incidents faisant intervenir des matières pouvant être utilisées pour fabriquer des armes nucléaires. La situation – à savoir la perspective que des matières radioactives de contrebande puissent traverser

les frontières et contaminer des travailleurs, le public et l'environnement – suscite dans tous les États des inquiétudes sur les plans de la santé et de la sûreté publiques.

Les conséquences de matières radioactives non contrôlées ont déjà été clairement démontrées par plusieurs événements particulièrement graves. On citera, par exemple, l'accident bien connu de Goiânia survenu au Brésil en 1987, qui a entraîné de nombreux décès et la contamination d'une partie importante de la ville ; et la découverte, plus récente, d'une source de rayonnements française – du césium 137 – sur le chantier de ferraille d'une fonderie allemande.

On peut s'attendre à ce que la fréquence de ces cas – où des sources de rayonnements utilisées pour l'étalonnage industriel, des essais non destructifs ou la radiothérapie franchissent les frontières et terminent leur parcours sans contrôle ni protection du fait de vols ou d'une élimination imprudente ou frauduleuse – augmente. On a même agité le spectre de terroristes utilisant des matières radioactives comme armes radiologiques simples et grossières, mais très dangereuses.

À l'échelle mondiale, les efforts s'intensifient pour combattre plus efficacement le trafic illicite de matières nucléaires et radioactives. En 1998, une étape

importante a été franchie avec la tenue, en France, de la première Conférence mondiale sur la sûreté et la sécurité des matières radioactives, manifestation coparrainée par l'AIEA, la Commission européenne, l'Organisation mondiale des douanes (OMD) et l'Organisation internationale de police criminelle (INTERPOL). Cette conférence a essentiellement porté sur l'un des aspects du trafic illicite de matières nucléaires, à savoir les matières radioactives. Ce sont ces dernières qui font principalement l'objet du présent article.

Les grands points présentés dans le présent rapport ont trait aux conseils en matière de sûreté fournis par l'AIEA aux autorités nationales et internationales pour les aider à prévenir, détecter et combattre le trafic illicite de matières radioactives. Le rapport n'aborde pas, en revanche, les aspects liés à la sécurité des matières nucléaires, ni les questions connexes liées aux garanties nucléaires et à la protection physique ; les principales activités mises en œuvre dans ces domaines le sont par le Département des garanties de l'AIEA.

M. Duftschmid est employé à la Division de la sûreté radiologique et de la sûreté des déchets de l'AIEA.

ORIENTATION ET APPUI

L'un des principaux axes de l'activité de l'AIEA consiste à renforcer l'aide apportée aux autorités pour combattre le trafic illicite des matières nucléaires. À cette fin, un guide de sûreté a été établi cette année. En outre, une étude pilote parrainée par l'Agence vise à améliorer la détection des matières contaminées aux frontières (*voir encadré*).

Niveaux de défense. Trois niveaux fondamentaux de défense – prévention, détection et intervention – forment la base des activités de coopération et d'orientation de l'Agence. Ces niveaux comprennent plusieurs éléments :

■ La prévention est la ligne de défense la plus importante. Les infrastructures juridique et technique nationales, la protection physique – du moins pour les matières nucléaires, et des mesures appropriées de sécurité des sources et de contrôle des importations/exportations sont le moyen le plus efficace de prévenir le trafic illicite.

■ Une détection des mouvements transfrontaliers s'impose si la prévention échoue. L'étude pilote de l'Agence sur les systèmes de surveillance frontalière aide à définir les meilleures solutions techniques et économiques.

■ Des interventions sont nécessaires lorsqu'un trafic illicite a été détecté. Les douaniers et les policiers ont besoin de procédures d'intervention standard concernant la façon de réagir, de se protéger et de protéger le public, d'analyser les matières saisies, d'éliminer ces matières en toute sûreté et d'informer les autorités compétentes.

■ Il est impératif de mettre en œuvre des activités de formation et un échange d'informations.

Guide de sûreté. Pour aider les États membres à combattre le trafic illicite de matières radioactives, l'AIEA publie un guide de sûreté qui couvre la prévention, la détection et les interventions à entreprendre. Ce guide est coparrainé par l'OMD et INTERPOL. Les règlements, contrôles et méthodes qu'il décrit, ainsi que les précisions contenues dans les manuels techniques complémentaires, ont pour objet d'aider les douaniers, la police des frontières et les autres agents chargés de l'application des lois, les organes de réglementation et les autres organismes nationaux compétents à s'acquitter de leur mission. Le guide de sûreté traite de la radioprotection, de la gestion des déchets, de la sûreté nucléaire, ainsi que de la réglementation relative à l'application des lois et au contrôle des frontières. Il aborde toutes sortes de matières radioactives, qu'il s'agisse de sources radioactives, de déchets radioactifs ou de matières nucléaires.

PRÉVENTION

La sûreté et la sécurité des matières radioactives sont couvertes par eux normes internationalement reconnues : les *Normes fondamentales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des matières radioactives* (NFR) et le *Règlement de transport des matières radioactives* de l'AIEA. Les NFR forment le fondement scientifique des guides de sûreté, qui servent directement à établir les législations nationales. Elles exigent de soumettre les sources de rayonnements et les matières radioactives à un contrôle étroit garantissant leur sécurité et de rendre compte immédiatement aux organes de réglementation de toute source échappant au contrôle, perdue ou volée. Elles

imposent en outre, pour toute possession ou exploitation, une demande d'autorisation (enregistrement, notification ou licence) ainsi qu'un inventaire périodique des matières radioactives et la tenue de registres garantissant que les matières sont en sécurité et placées dans les endroits désignés.

Le nouveau guide de sûreté de l'Agence évoque diverses actions illégales, dont la réception, la possession, l'utilisation, le transfert, l'importation, l'exportation et l'élimination non autorisés de matières radioactives. La prévention s'appuie sur la mise en place d'un organisme national de réglementation habilité à édicter des règlements et à accorder des autorisations en cas de pratiques justifiées de réception, possession, importation, exportation, utilisation, transfert et élimination. L'organe de réglementation doit également mener des inspections et une politique d'application visant à remédier aux cas de non respect des contraintes réglementaires.

Des précisions sont données dans le guide relatif aux autorisations de transfert, de stockage et d'élimination des matières radioactives. Les règlements relatifs à la sécurité des matières radioactives – notamment à la tenue de registres, à la réalisation de contrôles périodiques des inventaires et à la notification des pertes de contrôle – revêtent une importance particulière. Ils couvrent en outre les critères applicables au niveau de sécurité en fonction de chaque pratique, les niveaux de danger et le risque de perte. Certains éléments de la sécurité physique et du contrôle s'appliquent également aux matières radioactives en cours d'utilisation, de stockage ou de transport. Ces mesures doivent

être conformes au concept de défense en profondeur et adaptées à l'activité et aux propriétés des matières. Les contrôles peuvent prendre la forme d'un endroit clairement désigné et exclusif de manutention et de stockage, d'un accès contrôlé au lieu d'utilisation ou de stockage au moyen de portes et d'obstacles physiques, ou de tout autre moyen approprié empêchant l'accès des personnes non autorisées ou assurant la sécurité physique de l'endroit.

DÉTECTION

La détection de matières radioactives faisant l'objet d'un trafic illicite a nécessairement lieu dans un environnement où les rayonnements sont déjà présents, qu'ils proviennent de sources naturelles ou artificielles variant dans l'espace et dans le temps. Tout critère (ou niveau d'investigation) servant à décider qu'un rayonnement émis par un envoi particulier trahit la présence de matières radioactives faisant l'objet d'un trafic illicite doit tenir compte de cet environnement radiologique variable.

Un autre facteur est que les sources de rayonnements ou matières radioactives ne font pas toutes l'objet d'un contrôle réglementaire. Par ailleurs, les expositions aux rayonnements faisant partie de l'environnement humain naturel sont généralement considérées comme inévitables et il n'est pas aisé de les soumettre à une réglementation.

Lorsque des matières radioactives utilisées dans certaines applications présentent un faible risque de rayonnement, l'organisme de réglementation peut les exempter si elles sont utilisées de la manière prescrite. On citera, par exemple, les détecteurs de fumée et les

montres auto-luminescentes. Si l'on peut démontrer que l'exposition liée à ces matières radioactives est insignifiante, l'organisme de réglementation peut les exonérer de tout contrôle. Cette exonération peut s'appliquer aussi bien aux matières rejetées comme déchets qu'aux matières destinées à être réutilisées ou recyclées. Le concept d'exonération sous-entend que les matières, une fois exonérées, ne sont plus soumises à aucune restriction ni à aucun contrôle réglementaire.

Le niveau de rayonnement retenu pour décider qu'un véhicule, un passager ou un chargement surveillé transporte peut-être des matières radioactives faisant l'objet d'un trafic illicite est un compromis. D'une part, le but est de détecter toute matière radioactive faisant l'objet d'un trafic illicite, par exemple des sources situées à l'intérieur de conteneurs blindés pouvant être profondément enfouis sous de la ferraille ou sous d'autres objets non radioactifs. D'autre part, il faut éviter tout déclenchement d'alarme, rejet ou retard inutile au passage des frontières.

La surveillance des rayonnements gamma est essentielle pour détecter les matières radioactives déplacées de façon illicite. Pour détecter le mouvement illicite de matières nucléaires, surtout blindées, il faudra utiliser un détecteur de neutrons. La surveillance tant des rayonnements gamma que des neutrons permet de contrôler de façon non invasive les flux d'individus, de marchandises et de véhicules de transport franchissant les frontières.

Pour les radionucléides émettant des rayonnements gamma, le guide de sûreté recommande un niveau d'investigation applicable pour

déterminer si des matières radioactives illicites sont transportées. Ce niveau est un débit de dose mesuré à l'extérieur d'un véhicule. La valeur finale sera déterminée en fonction des résultats de l'étude pilote sur les instruments de surveillance frontalière menée actuellement au centre de recherches autrichien de Seibersdorf. Si le débit de dose est inférieur à cette valeur, on peut considérer qu'il n'existe aucune raison de suspecter un trafic illicite de matières radioactives. Des niveaux d'investigation sont également déterminés pour des matières nucléaires émettant des neutrons provenant d'une fission spontanée, tel le plutonium.

Instrumentation. Il existe trois principaux types d'instruments permettant de détecter des matières radioactives pouvant faire l'objet d'un trafic illicite :

■ **Instruments de poche.** Vu leur finalité, ces instruments doivent être faciles à utiliser, même par du personnel non spécialisé et permettre une évaluation qualitative rapide des matières suspectes. Ils doivent fonctionner sur piles, résister aux chocs et à l'eau et être faciles d'entretien. Une sélection automatique d'échelle, une fonction d'alarme et une indication du niveau de rayonnement sont également requises. Les instruments utilisant des compteurs Geiger-Mueller comme détecteurs de rayonnements ne sont pas assez sensibles pour cette application.

■ **Instruments manuels et mobiles.** Les instruments manuels sont utilisés pour la localisation et l'identification. Ils sont plus volumineux que les instruments de poche mais assument généralement plus de fonctions. Ils utilisent habituellement, comme détecteur, un scintillateur

inorganique (iodure de sodium) ou plastique et peuvent comprendre un analyseur multicanaux pour la spectroscopie gamma permettant d'identifier les matières radioactives grâce à la signature énergétique des rayonnements gamma. Ces instruments, cependant, nécessitent une formation plus poussée que les instruments de poche. En outre, il a été mis au point des systèmes plus complexes, qui sont mobiles et généralement plus sensibles que les instruments manuels. Installés sur des véhicules, des hélicoptères ou des bateaux, ils permettent de surveiller des zones entières ou de détecter de faibles champs de rayonnements provenant de petites sources d'activité ou de matières radioactives fortement blindées situées à distance.

■ *Instruments fixes.* Ces instruments sont conçus pour être installés dans des postes de contrôle frontalier, des ports, etc. Les détecteurs doivent être placés le plus près possible de l'objet à surveiller pour obtenir la meilleure sensibilité. Les alarmes et écrans d'affichage sont généralement installés à l'écart du détecteur et du passage de contrôle. Ces systèmes largement automatisés ne nécessitent aucune formation hautement spécialisée et permettent de contrôler en continu et à une vitesse raisonnable les flux de personnes, de bagages ou de véhicules.

La sensibilité requise pour ces instruments dépend de plusieurs paramètres. En tout lieu, il faudra faire preuve de jugement pour parvenir au meilleur compromis entre une sensibilité trop élevée, qui entraînera de trop nombreuses alarmes provoquées par des matières radioactives naturelles, et une sensibilité trop faible qui ne permettra pas de détecter des matières radioactives suspectes.

SURVEILLER LES FRONTIÈRES

L'un des problèmes auxquels se heurte la communauté internationale consiste à détecter les matières radioactives contenues dans les déchets métalliques. Les programmes de recyclage ont compliqué le problème, car l'aluminium, le cuivre, le plomb, l'acier et d'autres métaux recyclés sont fréquemment transportés dans le monde entier. Les activités menées à l'échelon international visent principalement à conseiller les autorités en ce qui concerne ce trafic transfrontalier, et à leur indiquer les procédures techniques et administratives à appliquer pour détecter les matières radioactives aux frontières.

Les aciéries et les grands chantiers de ferraille utilisent avec succès, depuis des années, des systèmes de contrôle des rayonnements. Les contrôles frontaliers, s'ils donnent des indications quant à ce qui peut être fait, sont cependant tenus de respecter certaines conditions. La circulation libre et sans entraves des biens par delà les frontières est une condition économique importante et les fonctionnaires des douanes ont diverses priorités. Le temps alloué au contrôle des convois de ferraille est limité, et il n'est ni pratique ni toujours possible d'effectuer des contrôles multiples. De surcroît, les systèmes de contrôle ne doivent pas être sensibles au point de déclencher de fausses alarmes.

Dans le cadre d'une étude lancée en 1995, l'AIEA s'emploie, en collaboration avec le centre de recherches autrichien de Seibersdorf et 21 fabricants de 15 pays, à concevoir et à tester des instruments de contrôle frontalier efficaces permettant de détecter les mouvements illicites de matières radioactives. Cette étude comprend la réalisation d'essais en laboratoire à Seibersdorf et d'essais de terrain à la frontière austro-hongroise et à l'aéroport de Vienne. L'un des principaux objectifs est de mettre au point un "seuil d'investigation" – niveau mesuré de rayonnement au dessus duquel un convoi de ferraille serait arrêté et contrôlé de façon plus approfondie – que les autorités pourraient appliquer aux frontières.

Les instruments de contrôle frontalier, une fois mis au point et dûment testés sur le terrain, permettront de réduire, sans les résoudre complètement, les problèmes liés au trafic de matières radioactives. Ces systèmes ne peuvent garantir que l'on détectera toutes les sources radioactives, y compris celles de haute activité si elles sont placées à l'intérieur de conteneurs blindés ou enfouies sous d'importants volumes de ferraille ; des mesures et des contrôles complémentaires seront donc nécessaires. Ils permettront, cependant, de constater que la contamination détectée est suffisamment faible et qu'il n'existe aucun risque immédiat d'exposition externe. Ils aideront également à s'assurer que les sources de rayonnements ou les matières radioactives risquant d'entraîner de graves expositions sont découvertes avant qu'elles ne mettent en danger la santé et la sécurité du public.

LA SUITE À DONNER

Il est nécessaire d'intervenir lorsque des matières radioactives sont détectées ou lorsqu'on dispose d'informations prouvant qu'elles ne sont pas placées sous

le contrôle approprié. Indépendamment du fait de savoir si les matières radioactives sont d'origine locale ou étrangère, l'État membre doit intervenir là où les matières radioactives se trouvent. Dans ce

contexte, l'intervention revient à prendre des mesures pour regagner le contrôle des matières radioactives ; à appliquer les procédures de radioprotection appropriées pour réduire les risques pour la santé et contrôler la situation ; à prodiguer les soins médicaux nécessaires ; et à infliger des contraventions conformément à la réglementation nationale.

Plusieurs circonstances exigent une intervention :

- Détection, grâce à la surveillance des rayonnements, d'une présence ou d'un mouvement non autorisé ou non contrôlé de matières radioactives ;
- Rapports indiquant que des matières radioactives ont été trouvées dans un endroit non autorisé ;
- Rapports faisant état d'objets suspects de contenir des matières radioactives ;
- Rapports faisant état d'un accident mettant en cause ou suspecté de mettre en cause des matières radioactives ;
- Rapports faisant état de cas de non-respect de la réglementation relative aux transports ;
- Écarts relevés dans l'inventaire des matières radioactives ;
- Rapports faisant état de mouvements transfrontaliers de matières radioactives.

Les États membres devraient disposer d'un plan prêt à mettre en œuvre en cas de détection ou de suspicion d'un trafic illicite ou d'une perte de contrôle de matières radioactives. Ce plan devrait être appliqué chaque fois que l'organisme de réglementation prend connaissance de l'éventualité d'une perte de contrôle ou d'un trafic illicite.

Le type d'intervention dépendra en grande partie des circonstances – type des matières

radioactives, emplacement, voies potentielles d'exposition.

Le plan devra notamment comprendre les éléments suivants :

- Entité à informer (douanes, police, unités d'intervention d'urgence, etc.) ;
- Informations à fournir pour faciliter la reprise de contrôle ;
- Mesures à effectuer aux fins de la détection et de l'analyse ;
- Dispositions provisoires à prendre pour le stockage de toute matière radioactive trouvée ;
- Dispositions à prendre concernant le transport vers une installation agréée de stockage ou d'élimination ;
- Type d'information nécessaire pour alerter et informer le public sur toute matière radioactive perdue ou faisant l'objet d'un trafic illicite.

Formation. Il est impératif de former les douaniers, les policiers et autres fonctionnaires chargés de l'application des lois à la prévention, à la détection et aux interventions à mettre en œuvre en cas de perte de contrôle ou de trafic illicite de matières radioactives. Cette formation doit être adaptée au niveau de responsabilité, aux connaissances et à la fonction des stagiaires. Un programme type de formation doit comprendre des informations sur la nature et les effets des rayonnements ionisants ; les propriétés et applications des matières radioactives ; les principes et méthodes de surveillance et de détection ; les normes nationales et internationales de radioprotection, de sûreté et de sécurité (y compris les règlements et procédures applicables à la protection personnelle) ; et les interventions à mettre en œuvre suite à la détection de matières radioactives.

Les stages de formation devraient être renouvelés

régulièrement pour assurer une connaissance suffisante des équipements et des procédures, le maintien de la vigilance lorsque le personnel change et des interventions rapides en cas de besoin. Cette formation devrait comprendre des exercices pratiques et des manœuvres.

L'OMD a mis au point, en étroite collaboration avec l'AIEA, un module de formation des douaniers à la lutte contre le trafic de matières nucléaires et radioactives. Ce module a pour objet d'offrir aux services de formation des douanes un cadre leur permettant de concevoir, s'ils le souhaitent, des stages nationaux de formation. Grâce à ce module, de tels stages ont pu être mis en place non seulement pour former des débutants, mais aussi pour améliorer, dans un contexte interorganisations, la compréhension mutuelle entre les services douaniers et les autres organes compétents.

La stratégie de formation de l'OMD et de l'AIEA a consisté à accorder la priorité aux pays d'Europe centrale et orientale. Un premier stage de formation AIEA/OMD destiné aux douaniers-formateurs s'est tenu à Vienne en juin 1997. Un deuxième stage, destiné aux douaniers et policiers de ces pays, a été organisé en septembre 1998 en coopération avec l'OMD et INTERPOL.

Ces stages de formation s'inscrivent dans le cadre d'une coopération permanente instituée entre l'AIEA et les organisations internationales. D'autres activités communes sont également mises en œuvre, notamment des réunions interorganisations, qui favorisent l'échange de données d'expérience et d'informations et permettent de combattre plus efficacement le trafic illicite de matières radioactives. □

UN APERÇU DES MESURES PRISES

LES SOURCES DE RAYONNEMENTS DANS L'UNION EUROPÉENNE

VITTORIO CIANI

Il y a de nombreuses années de cela, les États membres de l'Union européenne ont confié à l'Union la tâche d'établir des normes de sûreté uniformes pour protéger la santé des travailleurs et du public contre les dangers liés aux rayonnements ionisants. Des normes ont été édictées pour la première fois en 1959, date à laquelle de nombreux pays industrialisés ont établi leur propre législation de base réglementant le développement et la future exploitation de l'énergie nucléaire. Dans le contexte de ces lois relatives à l'énergie nucléaire, des approches systématiques de la radioprotection ont été adoptées dans la plupart des États membres de l'Union européenne.

Lorsque les premières normes ont été édictées, les Communautés européennes ne comptaient que six États membres, contre quinze aujourd'hui. Depuis, les dispositions en matière de radioprotection adoptées par un nombre croissant de pays industrialisés ont été largement cohérentes, liées par l'effet harmonisateur des recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR). En fait, les directives de l'Union européenne relatives à la radioprotection, ainsi que les orientations émises par les organisations internationales, reposent depuis longtemps sur les recommandations de la CIPR.

Le présent article passe en revue le rôle et les activités de l'Union européenne en ce qui concerne la sûreté des sources de rayonnements. Il présente également, de façon succincte, les

résultats d'une étude récente consacrée à la gestion des sources de rayonnements dans les États membres de l'Union.

DISPOSITIONS JURIDIQUES COMMUNAUTAIRES

Différents textes juridiques de l'Union européenne ont trait aux sources de rayonnements. Il s'agit des documents suivants :

■ *Directive du Conseil 96/29/Euratom*. Cette directive édicte les normes fondamentales de sûreté applicables à la protection de la santé du public et des travailleurs contre les dangers liés aux rayonnements ionisants.

■ *Règlement du Conseil 93/1493/Euratom*. Ce règlement traite du transport des substances radioactives entre les États membres.

■ *Directive du Conseil 92/3/Euratom*. Cette directive traite de la surveillance et du contrôle du transport des déchets radioactifs entre les États membres et de leur importation/exportation dans et hors de la Communauté.

La première de ces directives, ainsi que le *Traité Euratom* proprement dit, est la pierre angulaire de la législation communautaire en matière de radioprotection. Elle recèle deux définitions importantes. Par source, on entend un appareil, une substance radioactive ou une installation capable d'émettre des rayonnements ionisants ou des substances radioactives.

Deuxièmement, par source scellée, on entend une source dont la structure est telle qu'elle prévient,

dans des conditions normales d'utilisation, toute dispersion de substances radioactives dans l'environnement.

Le champ d'application de cette directive est vaste. Elle s'applique à "toutes les pratiques qui comportent un risque d'émanation de rayonnements ionisants à partir d'une source de rayonnements artificielle ou naturelle lorsque des radionucléides naturels sont ou ont été traités en raison de leurs propriétés radioactives, fissiles ou fertilisantes, à savoir :

- a) la production, le traitement, la manipulation, l'utilisation, le maintien, le stockage, le transport, l'importation et l'exportation de la Communauté, ainsi que l'élimination de sources radioactives ;
- b) l'exploitation de tout équipement électrique émettant des rayonnements ionisants et contenant des éléments fonctionnant à une différence de potentiel supérieure à 5kV ;
- c) toute autre pratique spécifiée par l'État membre ..."

L'une des principales contraintes est la mise en place d'un système de notification ou, selon la décision prise par chaque État membre, d'autorisation préalable. Une autorisation préalable est obligatoire en vertu de la directive relative à "l'utilisation des appareils de radiographie ou des sources radioactives destinés à la radiographie industrielle, au traitement de produits, à la recherche,

M. Ciani est administrateur principal à la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la protection civile, Commission européenne, Rue de la Loi 200, B-1049 Bruxelles

à l'exposition de personnes à des fins thérapeutiques ou à l'utilisation d'accélérateurs à l'exception des microscopes électroniques".

Le système de notification/autorisation a pour but de s'assurer que les sources de rayonnements sont utilisées sous le contrôle d'autorités nationales compétentes, contrôle garantissant le respect des normes de radioprotection des travailleurs et du public. Il est obligatoire d'optimiser cette protection.

À la fin de 1992 s'est terminée la mise en place du marché intérieur au sein de l'Union européenne. Il en a découlé l'apparition d'une zone sans frontières intérieures dans laquelle était garantie la libre circulation des marchandises, des personnes, des services et des capitaux.

Au sein de cette zone, les autorités nationales compétentes ne pouvaient plus se fier aux contrôles frontaliers pour obtenir des informations sur les sources de rayonnements pénétrant sur leur territoire. Cette situation a rendu nécessaire l'adoption du Règlement du Conseil 93/1493/Euratom. L'aspect essentiel de ce règlement, qui ne s'applique qu'au transport entre les États membres, est que le détenteur d'une source scellée qui entend procéder à son expédition doit obtenir une déclaration écrite préalable du destinataire de la source selon laquelle ce dernier respecte les dispositions nationales pertinentes applicables à l'utilisation prévue de la source. Cette déclaration doit avoir été visée par les autorités compétentes de l'État membre de destination.

Si les substances radioactives ne se présentent pas sous la forme d'une source scellée, seule une note d'information *post factum* du détenteur aux autorités compétentes de l'État membre de destination est requise.

La Directive du Conseil 92/3/Euratom a établi un système exigeant que les envois

transfrontaliers de déchets radioactifs ne puissent avoir lieu que si les autorités compétentes des États concernés, qu'ils soient membres ou non de l'Union européenne, ont préalablement consenti à l'envoi. Cette directive ne s'applique pas aux sources scellées expédiées par leur utilisateur au fournisseur initial dans un autre pays. Cette exemption ne s'applique pas aux sources scellées contenant des matières fissiles.

ÉTUDE MENÉE PAR L'UNION EUROPÉENNE

Les dispositions de notification/autorisation relatives à l'utilisation de sources de rayonnements sont contraignantes quant au résultat à obtenir. Les autorités nationales, cependant, ont le choix des formes et des méthodes d'application.

Pour obtenir un aperçu de la façon dont les autorités des États membres de l'Union européenne gèrent le contrôle des sources de rayonnements, la Commission européenne a financé une étude consacrée à la gestion et à l'élimination des sources radioactives scellées désaffectées dans l'Union européenne. L'étude a notamment passé en revue les différents cadres réglementaires des États membres et analysé les pratiques de gestion utilisées pour les sources scellées dans l'ensemble de l'Union européenne afin de déceler d'éventuelles lacunes et contradictions.

Les auteurs de l'étude, utilisant leur propre méthode et leurs propres hypothèses, ont estimé qu'environ 500 000 sources avaient été fournies au cours des 50 dernières années à divers opérateurs des quinze États membres actuels de l'Union européenne. Sur ce nombre, environ 110 000 sont toujours utilisées et environ 30 000 sources désaffectées sont détenues

sur place dans les locaux des opérateurs.

L'étude a fait ressortir que les sources de rayonnements, en particulier les sources scellées, sont généralement utilisées dans le respect des règles garantissant leur sûreté. De même, la sûreté est garantie lorsque des sources scellées sont soit retournées au producteur, soit envoyées à un établissement agréé de gestion des déchets radioactifs.

On est fondé à penser, cependant, que les contrôles se relâchent parfois entre le moment où des sources sont désaffectées et le moment où elles sont retournées au producteur en vue de leur éventuelle réutilisation, ou déclarées comme déchets et placées sous le contrôle de systèmes de gestion des déchets radioactifs. Parfois, le contrôle se perd, ce qui se traduit par l'apparition de sources dites "sources orphelines".

Parmi les pratiques visées par l'étude, certaines semblent particulièrement efficaces pour assurer un bon contrôle des sources de rayonnements.

Bases de données. Les bases de données sur la nature et l'emplacement des sources sont indispensables ; elles constituent la référence par rapport à laquelle on peut effectuer des contrôles pour vérifier que des sources sont convenablement gérées et placées.

Systèmes d'incitations économiques/pénalités. Des systèmes tels que des licences à durée déterminée ou des frais d'agrément annuels se sont révélés efficaces pour décourager le stockage durable de sources désaffectées dans les locaux de l'utilisateur. La pratique consistant à faire payer le coût de l'élimination d'une source au moment de l'achat est également attrayante ; elle lie directement les avantages escomptés de l'utilisation de la source à la totalité des frais connexes.

Un problème particulier a trait aux sources non enregistrées –



sources présentes sur le territoire de l'Union européenne et pour lesquelles on ne dispose d'aucune documentation. Il est possible qu'elles aient été utilisées avant l'entrée en vigueur de la législation actuelle, ou qu'elles aient été importées sans que les autorités compétentes en soient informées. Parmi ces sources, les sources de radium à vocation médicale posent un problème particulier en raison de leur introduction précoce et de leur large diffusion.

Récemment, l'attention de la Commission a été appelée sur le contrôle des sources scellées lorsqu'à plusieurs reprises, on a retrouvé, dans des chantiers de ferraille, des sources qui ont parfois été fondues par des fabricants de métaux. Ces événements ont entraîné des décès, d'importants problèmes de santé et des pertes économiques dus à l'exposition des personnes et à la contamination des installations.

En juin 1999, le Conseil des ministres a conclu que l'Union européenne devait "adopter une stratégie commune pour combattre les problèmes liés aux déchets métalliques radioactifs et à la gestion des sources radioactives scellées désaffectées".

La Commission européenne étudie actuellement des mesures visant à réduire le risque d'incidents et d'accidents causés par des sources de rayonnements.

Sur le plan de la radioprotection, les sources hautement radioactives, qui sont généralement scellées, présentent des risques accrus. Plusieurs démarches sont possibles, qui ne s'excluent pas nécessairement ; au contraire, la complexité du problème exige qu'on l'aborde sous différents angles. Toute stratégie, cependant, doit viser à long terme la mise en place, dans le monde entier, de solides infrastructures nationales de radioprotection.

Dans l'idéal, les autorités chargées de la radioprotection devraient appliquer un système plaçant les sources de haute activité sous strict contrôle dès le moment où elles sont produites ou pénètrent le territoire national, jusqu'à ce qu'elles soient transmises à une installation agréée de gestion des déchets radioactifs.

LES FUTURES MESURES

Les infrastructures de radioprotection des États membres veillent à ce que les sources de rayonnements utilisées soient soumises à un contrôle raisonnable au sein de l'Union européenne. Il ne survient que rarement des accidents mettant en jeu des sources sur les territoires où les traités européens s'appliquent. Ces accidents s'expliquent, dans la plupart des cas, par le non-respect des règles actuelles.

Des études sont menées actuellement sur le fait de savoir si des contraintes juridiques supplémentaires seraient justifiées au niveau de l'Union européenne. Parmi les mesures envisagées, on s'interroge sur l'opportunité d'imposer des contrôles radiométriques à l'importation des déchets métalliques et d'étendre, s'agissant des sources scellées de haute activité, le système de notification/autorisation dans le cadre de la directive relative aux normes fondamentales de sûreté.

Des sources de rayonnements, cependant, sont utilisées dans le monde entier et certains pays manquent d'infrastructures appropriées. Dans ces pays, il existe une probabilité élevée que des sources échappent au contrôle ou entraînent des accidents. Le commerce international, notamment celui des matières destinées au recyclage, pose le problème d'une éventuelle introduction non contrôlée de sources de rayonnements sur le territoire de l'Union européenne.

En 1998, la Commission européenne a coparrainé, avec l'AIEA, l'Organisation internationale de police criminelle et l'Organisation mondiale des douanes, la Conférence sur la sûreté des sources de rayonnements et la sécurité des matières radioactives, qui s'est tenue à Dijon (France). La Commission appuie les mesures prises comme suite à cette conférence et se félicite de l'initiative prise par l'AIEA d'élaborer un plan d'action qui intégrerait la dimension internationale de la sûreté des sources de rayonnements. □

Photo : Au centre de recherches commun de la Commission européenne à Ispra (Italie) des sources de rayonnements telles que du cobalt 60 sont gérées et contrôlées de façon à garantir leur sûreté d'utilisation. (Crédit : JRC)

ET SI JAMAIS ?

ORIENTATIONS DE LA CIPR EN MATIÈRE D'EXPOSITION POTENTIELLE AUX RAYONNEMENTS

JACK VALENTIN

La réglementation mondiale en matière de radioprotection s'appuie sur les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), qui est basée en Suède. Dans les années 90, les experts ont porté une attention particulière à l'inattendu – à savoir à l'analyse de ce qui se passerait en cas de situation théoriquement susceptible d'exposer la population à des sources potentiellement dangereuses de rayonnements.

Normalement, des expositions potentielles ne sont pas censées survenir, mais elles peuvent être anticipées, et la probabilité de leur survenue peut être prévue. Les premières théories de la CIPR à ce sujet ont été élaborées dans le contexte de l'élimination définitive des déchets radioactifs à longue période, et de graves accidents tels que des catastrophes nucléaires.

La CIPR a depuis envisagé une troisième situation : les accidents touchant une ou quelques personnes seulement (mais avec, parfois, de graves conséquences pour les personnes touchées). Si de tels accidents ne perturbent pas autant le fonctionnement de la société qu'un redoutable accident nucléaire, ils n'en surviennent pas moins avec une régularité effrayante et peuvent avoir des effets dévastateurs sur les personnes touchées.

Le présent article examine le cadre conceptuel, les critères et la méthodologie de la CIPR en matière de radioprotection contre certaines expositions potentielles. La protection contre ces expositions potentielles "limitées"

commence par une analyse structurée de scénarios faisant appel à des méthodes qui, jusqu'à présent, étaient peut-être plus familières aux ingénieurs de sécurité qu'aux spécialistes de la radioprotection. Étant données les probabilités déduites de ces analyses, il est possible de calculer les dommages escomptés d'expositions potentielles. Ce risque peut être comparé à une contrainte de risque, qui ne doit pas nécessairement être particulièrement compliquée pour les accidents de faible échelle envisagés ici. Après cette analyse initiale, on peut appliquer un processus d'optimisation itérative pour s'assurer que le risque ou l'exposition potentielle, ainsi que les doses encourues, sont les plus faibles qu'il est raisonnablement possible d'atteindre.

LE CADRE CONCEPTUEL

D'après la Publication 60 de la CIPR, intitulée *Recommandations 1990 de la Commission internationale de protection radiologique*, une exposition normale liée à une pratique risque de survenir avec une quasi-certitude d'opérations réalisées comme prévu ou d'événements involontaires, de probabilité élevée, mais aux faibles conséquences. En revanche, une exposition potentielle n'est pas certaine de survenir. Elle résulte d'événements imprévus tels qu'une panne d'équipement ou un non-respect de modes opératoires spécifiés. Ces événements ne peuvent être prévus précisément, mais on peut

les prévoir théoriquement et leur affecter une probabilité de survenue.

Les limites de doses ne s'appliquent pas aux expositions potentielles. Elles doivent être complétées par des contraintes de risque. La base théorique d'un tel instrument a été développée dans la Publication 64 de la CIPR intitulée *Protection from Potential Exposure: A Conceptual Framework*. Un rapport plus récent, la Publication 76 de la CIPR intitulée *Protection from Potential Exposures: Application to Selected Radiation Sources*, vise à démontrer comment cet instrument pourrait s'appliquer dans la pratique à des "accidents limités" tels que l'entrée sans protection dans une salle d'irradiation.

Dans de tels cas, le nombre d'individus touchés est faible. Le dommage se limite largement aux effets sur la santé des personnes réellement exposées. Les processus conduisant à l'exposition potentielle sont relativement simples et peuvent représenter la menace prédominante liée à la pratique.

En revanche, des catastrophes telles que des accidents nucléaires entraînent des dommages qui vont au delà des personnes exposées (restrictions agricoles,

M. Valentin est secrétaire scientifique à la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) à Stockholm (Suède). Le présent article s'appuie sur un rapport publié précédemment par le National Radiological Protection Board (Royaume-Uni) dans son Radiological Protection Bulletin.

contrôle de la consommation alimentaire, etc. et coûts très importants). Le Groupe consultatif international pour la sûreté nucléaire (INSAG) s'est penché sur ces problèmes. L'élimination définitive de déchets à longue période confère une nouvelle dimension aux expositions potentielles dans l'avenir lointain. Cette question a été traitée dans la Publication 46 de la CIPR intitulée *Radiation Protection Principles for the Disposal of Solid Radioactive Waste*, et la CIPR prépare actuellement un amendement à ce rapport.

CRITÈRES D'ACCEPTABILITÉ

Dans ses publications 60 et 64, la CIPR recommandait que les risques sanitaires dus aux expositions potentielles soient limités et contenus dans la même mesure que ceux impliqués par les limites et contraintes de dose applicables aux expositions normales. Ces risques sanitaires font intervenir deux distributions de probabilités différentes. Premièrement, l'exposition survient avec une probabilité spécifique, disons P . Étant donné l'exposition, la probabilité conditionnelle d'effets sanitaires stochastiques et/ou déterministes est fonction de la dose, disons $f(E)$. La probabilité inconditionnelle d'effets néfastes sur la santé est donc le produit de ces deux probabilités, soit P^*AE . Cette quantité devrait être maintenue à un niveau inférieur ou égal à un risque de référence, disons R . Pour les accidents limités envisagés ici, R peut être considéré comme une contrainte de risque individuelle liée à la source.

L'ampleur de la contrainte de risque ne sera pas nécessairement fixée une fois pour toutes. Elle pourrait être fonction de chaque cas et ajustée pour diverses raisons. Cependant, la Publication

LA MISSION DE LA CIPR

La Commission internationale de protection radiologique (CIPR), organisme à but non lucratif dont les origines remontent à 1928, fournit des orientations générales sur les sources de rayonnements provenant des nombreuses applications de l'énergie nucléaire. Ses recommandations, qui couvrent tous les aspects de la protection contre les rayonnements ionisants, forment aujourd'hui la base des normes de sûreté radiologique dans le monde entier, y compris les normes et orientations publiées par l'AIEA. Pour tout renseignement, s'adresser au Secrétariat scientifique de la CIPR, qui est établi à Stockholm (SE-171, 16 Stockholm, Suède). Le numéro de fax est le +46-8-729-729-8 et l'adresse électronique est : scient.secretary@icrp.org. On peut également consulter le site Internet de la CIPR à l'adresse : www.icrp.org.

76 de la CIPR propose une contrainte de risque générique qui pourrait être utilisée comme point de départ lorsque l'on choisit des contraintes spécifiques. Pour les expositions professionnelles, cette contrainte générique se fonde sur une dose efficace annuelle de 5 mSv. Dans plusieurs opérations optimisées, les doses annuelles normales maximales sont de cet ordre. Si l'on utilise le coefficient de risque de décès par cancer pour exposition professionnelle de $4 \cdot 10^{-2}$ Sv⁻¹, le risque de référence générique de décès R devient $2 \cdot 10^{-4}$ a⁻¹.

Il est alors possible d'évaluer si la probabilité P d'événements dangereux est suffisamment faible, et si les procédures de sûreté et d'exploitation de l'installation sont acceptables. Par exemple, si l'événement étudié est l'entrée sans protection dans une salle d'irradiation où les débits de dose sont suffisamment élevés pour que cette entrée entraîne systématiquement un décès (c'est-à-dire $f(E) = 1$), la probabilité P doit être maintenue inférieure à R . Si, lors de l'analyse, P se révèle excéder R , des mesures complémentaires doivent être prises pour améliorer la sûreté.

En raison de la nature limitée des accidents évoqués ici, l'exposition du public ne pose pas toujours un problème. Dans certains scénarios, toutefois, par

exemple en cas de perte ou de vol de sources de rayonnements scellées, l'exposition d'un ou de plusieurs membres du public peut devenir le principal événement étudié. Les doses normales maximales reçues par le public seraient généralement maintenues au dessous d'environ 10^{-4} Sv a⁻¹, et le coefficient de risque de décès par cancer pour une exposition du public est de $5 \cdot 10^{-2}$, de sorte que le risque de référence générique de décès R appliqué à l'exposition du public serait de $5 \cdot 10^{-6}$.

Dans l'analyse, il convient de rappeler que parfois, en fonction des caractéristiques physiques de la source, la perte de contrôle d'une source comporte également un risque de contamination généralisée et d'exposition de nombreux membres du public. Si un tel scénario semble possible, la situation psychologique et économique peut se rapprocher de celle de catastrophes nucléaires (en moins dramatiques), et les méthodes décrites ici peuvent se révéler trop simplistes.

ÉTABLISSEMENT DES SCÉNARIOS

Une analyse visant à estimer la probabilité P de survenue d'événements dangereux doit recenser tous les types de scénarios qui pourraient contribuer grandement à une exposition potentielle. En

principe, la procédure est très simple : on s'assoit et on énumère les différentes façons dont on pense que des accidents peuvent survenir. Il est aisé, cependant, de négliger certaines possibilités ; une démarche structurée est donc conseillée. Il existe plusieurs méthodes pour formaliser l'analyse : études de risques et d'exploitabilité, analyse des modes de panne et de leurs effets, etc. Ces différentes méthodes portent sur des questions telles que la façon d'assurer l'exhaustivité des déclarations, les mots-guides à utiliser pour établir une liste d'événements, etc. Il s'agit là de questions qui peuvent sembler ressortir du "bon sens commun", mais qui concernent précisément les points où des pannes ont si souvent, par le passé, entraîné des accidents.

Dans chaque scénario, on sollicitera un système de protection. L'analyse vise à déterminer si le système tombe en panne lorsqu'il est sollicité. Les sollicitations seront à la fois des opérations "normales" mettant systématiquement à l'épreuve le système, et des événements "aléatoires" (défaillances humaines ou techniques).

Une fois que l'on estime que tous les scénarios ont été envisagés, il faut déterminer leur structure logique. Ce type d'analyse est bien connu en ingénierie. Généralement, cette structure se présente sous la forme d'arbres d'événements ou d'arbres de pannes.

Les arbres d'événements commencent par solliciter un système, puis testent ses réactions successives, décrivant le résultat en termes de réussite ou d'échec de chaque mesure et dispositif. Les arbres de pannes commencent par l'autre extrémité, par un résultat indésirable spécifié, et remontent pour analyser comment un tel résultat a pu se produire. À titre d'exemple,

considérons un système de verrouillage très simple équipé de deux capteurs indépendants et d'un vérin contrôlant l'accès à une salle d'irradiation. La position par défaut du vérin consiste à maintenir la porte verrouillée. Il ne peut être déverrouillé que si aucun des deux capteurs n'indique la présence de rayonnements. Le doublement des capteurs a pour but d'assurer une redondance, c'est-à-dire une fonction de secours en cas de panne du premier capteur. Ce simple système peut facilement être décrit soit comme un arbre d'événements, soit comme un arbre de pannes.

Sur le plan conceptuel, l'analyse mathématique d'arbres d'événements ou de pannes est simple, car elle repose sur la théorie élémentaire des probabilités. Il est souvent très difficile, cependant, d'appliquer cette théorie dans la pratique en raison du grand nombre de résultats étudiés. C'est pourquoi l'on recommande, sauf dans les cas les plus simples, de recourir à un traitement informatique pour obtenir un calcul correct.

OPTIMISATION DE LA PROTECTION

Les méthodes formelles d'analyse de l'optimisation de la protection contre les expositions potentielles restent, à ce jour, largement infructueuses, surtout lorsque les probabilités sont faibles et les conséquences importantes. C'est pourquoi, dans sa *Publication 76*, la CIPR a recommandé de recourir à une méthode indirecte pour fixer l'objectif d'optimisation.

Conformément à cette procédure, la protection contre les expositions normales est assurée d'emblée au moyen des méthodes traditionnelles (allant du bon sens commun à des techniques quantitatives

complexes). On obtiendra ainsi une dose normale moyenne escomptée. Le risque de décès par cancer lié à cette dose normale optimisée est ensuite utilisé comme valeur de risque de référence dans l'optimisation contre les expositions potentielles. L'optimisation proprement dite consistera en un processus itératif d'étude du rapport coût-efficacité et de la viabilité de diverses modifications apportées à la conception, aux dispositifs de sûreté et aux procédures.

Dans ce contexte, il est d'usage de suivre une "séquence de précedence de sûreté". Cette séquence est, dans l'ordre : 1) conception favorisant un risque minimum, 2) réduction des risques grâce à des dispositifs de sécurité (verrouillages), 3) dispositifs d'alarme (alarme rayonnements), 4) procédures et formation des travailleurs, et 5) recensement des risques résiduels à des fins d'examen de la gestion.

ERREUR HUMAINE ET DÉFENSE EN PROFONDEUR

La séquence de précedence de sûreté montre qu'on préfère généralement les niveaux techniques de défense – commençant, bien entendu, par la minimisation du risque d'accident – au recours à l'intervention humaine. Cela s'explique par le fait que les erreurs humaines sont souvent les principales causes d'exposition potentielle.

Malheureusement, elles sont également très difficiles à quantifier. Elles dépendent fortement de la situation et de ce que l'on appelle des "facteurs de performance" (disposition du lieu de travail, volume sonore, distractions et niveau de stress). La probabilité d'erreur humaine répétée peut également augmenter dans le temps si, en une première occasion, une erreur

donnée n'a pas eu de conséquences fâcheuses.

La défense en profondeur est un principe de radioprotection important en vertu duquel on impose à un système des mesures de sûreté redondantes à la mesure du risque posé par la source. L'application pratique de ce principe prend la forme à la fois d'une "redondance", plusieurs exemplaires ou versions de la même couche de protection étant disponibles en parallèle, et d'une "diversification", différents modes de protection étant disponibles pour un problème donné.

Ce principe bien établi vaut aussi bien pour les petites opérations que pour les grandes installations. Considérons, par exemple, la gamma-radiographie industrielle mobile, qui peut très bien être une activité menée par une seule personne utilisant un appareil unique. Après l'utilisation de l'appareil, la source est conçue pour être rangée dans son compartiment blindé, qui forme une première niveau de défense contre une exposition accidentelle.

Comme deuxième niveau de défense, il existe généralement un indicateur de position destiné à indiquer la réussite ou l'échec du retrait de la source. Parfois, il peut y avoir deux indicateurs, qui assurent une redondance à ce stade. Un troisième niveau de défense est que même si aucune indication d'échec n'apparaît, l'opérateur doit, s'il respecte la procédure, vérifier le lieu de travail au moyen d'un instrument de contrôle.

À titre de diversification, l'opérateur doit également porter un dosimètre équipé d'une alarme sonore. Enfin, si soit les indicateurs, soit le contrôle du lieu de travail indiquent que la source n'a pas été correctement extraite, l'opérateur doit interdire temporairement l'accès à ce lieu tant que la source n'a pas été retrouvée.

QUELQUES COMPLICATIONS

Lorsqu'on envisage de modifier des dispositifs éprouvés "sur le terrain", il existe un risque considérable d'exposition potentielle en raison de la probabilité d'erreur humaine. Sauf dans les situations d'urgence où des mesures immédiates s'imposent, aucune modification ne doit s'effectuer tant qu'une étude de sûreté approfondie n'a pas été réalisée et tant que la modification proposée et l'étude ne sont pas clairement documentées.

Parfois, la réduction d'un type particulier d'exposition peut résulter d'un compromis se caractérisant par l'augmentation d'une autre exposition. Par exemple, des contrôles sont effectués régulièrement pour détecter des défauts avant qu'ils n'entraînent une panne. Le contrôle plus fréquent, par exemple, d'un accélérateur peut améliorer le taux de détection précoce de défauts et, partant, réduire la probabilité d'exposition potentielle.

Cependant, en raison des champs de rayonnements présents dans une telle installation, cela entraînerait également une exposition professionnelle accrue. Dans une optimisation de la protection, il faut donc tenir compte des deux types d'exposition.

En radiologie médicale, une autre complication est que non seulement des doses excessives, mais également des doses insuffisantes peuvent être dangereuses pour le patient, ce qui peut interdire de comparer le dommage escompté au moyen du critère de risque R. Cependant, une analyse structurée est toujours utile pour recenser les principaux facteurs de risque. On pourra envisager les mesures que l'on pourrait prendre pour

réduire le risque encouru par le patient.

Les considérations ci-dessus concernent la probabilité P d'exposition. La probabilité $f(E)$ de dommage, pour une dose donnée, peut également poser un problème. Par exemple, les situations d'exposition potentielle peuvent se traduire par des doses suffisamment élevées pour entraîner un décès certain imputable à des effets déterministes. On encourt donc une perte de vie supérieure à celle qu'entraînerait un décès ayant des causes stochastiques, survenant plus tard dans la vie. Vu l'incertitude générale des calculs de probabilité, aucune pondération supplémentaire pour décès prématuré ne semble cependant justifiée.

De surcroît, dans certaines pratiques et environnements opérationnels, la principale menace sera représentée par les effets déterministes localisés d'expositions potentielles. Pour les expositions situées dans les limites de dose actuelles, les effets déterministes sont quasiment exclus.

C'est pourquoi la CIPR a expressément choisi de ne pas tenir compte de ce dommage pour les expositions normales.

Pour les expositions potentielles, cependant, il faudra impérativement évaluer le dommage causé par les effets déterministes. Dans le même temps, même s'il convient d'en tenir compte, la perte d'un doigt, par exemple, ne peut bien évidemment pas être comparée à un décès. Il faut donc pondérer la gravité. La *Publication 76* de la CIPR suggère un facteur de pondération générique de 0,25. Cette position, qui s'appuie sur divers programmes d'assurance et d'indemnisation, tient compte de la nécessité d'appliquer des facteurs de pondération génériques raisonnablement simples. □

UN SIÈCLE DE DÉFIS

APERÇU HISTORIQUE DES SOURCES DE RAYONNEMENTS AUX ÉTATS-UNIS

JOEL O. LUBENAU

En l'absence de contrôle, de comptabilité et d'élimination appropriés des sources et appareils radioactifs, ceux-ci peuvent aboutir de façon anarchique dans le domaine public. À ce stade, les sources perdues et abandonnées peuvent poser des problèmes de sécurité tels qu'une radioexposition du public et une contamination radioactive. Empêcher que les sources radioactives n'aboutissent dans le domaine public de façon anarchique : tel est aujourd'hui l'objectif, à l'échelon international, des organes chargés de réglementer l'utilisation et l'élimination des sources radioactives. Le problème, cependant, a des antécédents historiques qui remontent aux premiers jours de l'utilisation du radium au XXe siècle.

PREMIERS USAGES DU RADIUM AUX ÉTATS-UNIS

L'utilisation de sources de radium aux États-Unis est antérieure à la Loi sur l'énergie atomique telle qu'amendée. En outre, les sources de radium ne sont pas couvertes par la Loi et, partant, ne sont pas soumises à la réglementation de la Nuclear Regulatory Commission (NRC). Les bienfaits médicaux potentiels du radium, mis en évidence peu après sa découverte en 1898, ont suscité une demande de sources de radium. On ne dispose que de rares

informations sur l'ampleur des premiers usages du radium aux États-Unis, mais celles dont on dispose indiquent un faible développement jusqu'à la deuxième guerre mondiale, date à laquelle on assiste à une croissance exponentielle suivie d'une diminution progressive (voir graphique page 50). En 1921, entre 35 et 40 grammes de radium étaient utilisés aux États-Unis tandis que le nombre d'utilisateurs médicaux était compris entre 400 et 500. En 1932, l'US Bureau of Mines estimait qu'il existait aux États-Unis 710 utilisateurs médicaux de radium utilisant 124,7 grammes. L'usage du radium s'est développé pendant la deuxième guerre mondiale, principalement du fait de la radiographie industrielle, qui utilisait à cette fin 200 grammes de radium. 190 grammes supplémentaires ont été utilisés pendant la guerre pour fabriquer de la peinture luminescente.

En 1964, le United States Public Health Service (PHS) a conclu que l'usage du radium avait probablement culminé dans

les années ayant immédiatement suivi la deuxième guerre mondiale et a estimé qu'il existait aux États-Unis 4500 utilisateurs de radium utilisant entre 300 et 700 grammes de radium sous forme de sources identifiables. Ces utilisateurs étaient, dans leur majorité (3500) des utilisateurs médicaux. Par la suite, cette utilisation a diminué essentiellement du fait des autres matières radioactives devenant disponibles et de la surveillance réglementaire accrue du radium par les États, ce qui a conduit de nombreux utilisateurs à cesser son utilisation.

En 1975, on recensait 3600 utilisateurs de radium aux États-Unis. Ce nombre est certainement inférieur aujourd'hui. Même à son apogée, lorsqu'elle comptait 5000 à 6000 utilisateurs après la deuxième guerre mondiale, cette population était nettement inférieure à celle des concessionnaires américains qui utilisent aujourd'hui des produits dérivés, des sources et des matières nucléaires spéciales, soit environ 22 000 titulaires de licences spécialisées et 135 000

M. Lubenau est assistant principal auprès du président de l'US Nuclear Regulatory Commission. Il est diplômé de l'American Academy of Health Physics. Les références complètes du présent article sont disponibles auprès de l'auteur. Cet article exprime les seules vues de l'auteur. Il ne représente pas les positions de la NRC, qui n'a pas non plus approuvé son contenu technique. Il s'inspire d'un rapport que l'auteur a présenté lors de la Conférence internationale de l'AIEA sur la sûreté des sources de rayonnements et la sécurité des matières radioactives (1998). Des extraits ont également été inclus dans un article publié dans un supplément au numéro de février 1999 de la revue Health Physics.

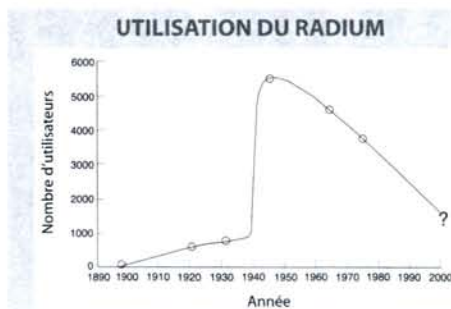
titulaires de licences générales.

L'extraction du radium à partir du minerai était difficile et, au début du siècle, onéreuse.

En 1923, le radium coûtait 120 000 dollars le gramme. Ainsi, lorsque des sources de radium étaient perdues ou volées, leur coût de remplacement constituait une forte incitation à les rechercher et à les récupérer.

INCIDENTS LIÉS AU RADIUM

En 1968, le PHS a publié un récapitulatif des incidents connus liés au radium survenus aux États-Unis, s'appuyant sur l'étude des documents et du *New York Times* pendant la période allant de 1913 à 1964. Ont été répertoriés 396 incidents, dont 261 pertes et 25 vols. Les autres incidents avaient trait à des contaminations, des surexpositions et divers événements. L'immense majorité des 396 incidents – 331 ou 84% – mettait en jeu des sources médicales. Les taux de récupération étaient de 71% (170 sur 240) pour les sources médicales perdues, 53% (9 sur 17) pour les sources non médicales perdues, 60% (15 sur 25) pour les vols et 50% (2 sur 4) pour les pertes de transport. Les premiers incidents dont on a connaissance se sont produits entre 1911 et 1920. Il s'agissait de neuf pertes. Les pertes et les vols ont constamment augmenté, culminant entre 1961 et 1967. Le PHS a estimé que cette augmentation reflétait le développement de l'usage du radium jusque dans les années 50 et l'augmentation du nombre de rapports d'incidents publiés pendant les années les plus récentes couvertes par l'étude. L'augmentation du nombre de



L'utilisation du radium aux États-Unis s'est développée lentement jusqu'au début de la deuxième guerre mondiale, date à laquelle elle a connu une croissance fulgurante. Depuis la fin de la guerre, cette utilisation ne cesse de diminuer.

rapports publiés reflétait probablement l'application des réglementations d'État nouvellement édictées en matière de notification des pertes et des vols de matières radioactives non couvertes par la Loi sur l'énergie atomique telle qu'amendée.

De nombreux incidents liés au radium, cependant, ont probablement échappé à l'attention du public. Par exemple, les consultants privés recrutés pour rechercher des sources de radium perdues ou volées ne rendaient pas toujours compte de leurs activités. Quant aux programmes nationaux de contrôle des rayonnements – qui intervenaient lorsque des pertes et des vols de sources de radium se produisaient ou suite à des demandes d'assistance en matière d'élimination des déchets – leurs rapports écrits étaient souvent directement classés.

Heureusement, certains individus participant à la recherche de sources de radium perdues ont consigné leur expérience.

En 1914, diplômé de l'Université Purdue en poche, Arthur L. Miller a accepté une offre d'emploi à la Standard Chemical Company, à Pittsburgh (Pennsylvanie), qui était alors le principal producteur de radium. Là, il s'est spécialisé dans l'étalonnage de sources de radium au moyen d'un électroscope.

Comme il connaissait bien le fonctionnement des électroscopes, il lui fut souvent demandé de rechercher des sources de radium perdues à l'aide de cet instrument. En 1923, il rendit compte de sept cas. Le texte le plus intrigant relatait la recherche sans succès de 150 milligrammes de radium perdus par un hôpital. Comme c'était souvent le cas, le radium avait abouti dans l'incinérateur à charbon de l'hôpital, où Miller trouva

des traces de contamination, mais par les cendres qui auraient contenu les sources de radium. En enquêtant, il apprit que les cendres de l'incinérateur étaient vendues à un entrepreneur voisin qui les utilisait comme agrégat pour produire du béton coulé pour fabriquer un trottoir. Miller retrouva le trottoir et confirma que le radium y était enfoui. Comme le radium ne pouvait être facilement récupéré, le trottoir fut laissé en l'état et la recherche interrompue. Miller, malheureusement, n'a pas indiqué où se trouvait ce trottoir. À l'époque, les risques radiologiques liés au radium enfoui n'étaient pas pris en considération. Ce cas a, plus tard, été étudié par un autre spécialiste du radium, Robert B. Taft. Ayant contacté la compagnie d'assurance qui avait couvert la perte de l'hôpital, il a constaté que les registres de la compagnie avaient depuis été détruits. Ainsi, quelque part, probablement dans l'est des États-Unis, il existe ou existait un trottoir dans lequel étaient enfouis 150 milligrammes de radium.

Taft était un médecin que l'on appelait souvent pour rechercher des sources de radium perdues. Il a commencé à relater son expérience, qui avait commencé en 1933, dans un article présenté à l'American Roentgen Ray

Society en 1935. Il a, par la suite, décrit son expérience dans un livre intitulé *Radium - Lost and Found*. Parmi les moyens utilisés par Taft pour rechercher le radium figuraient du minerai de willémitte (qui scintille lorsqu'on l'expose à des rayonnements), des électroscopes et des compteurs GM de la première génération. Taft a signalé 187 incidents, dont il avait été le témoin direct ou indirect. La plupart mettaient en jeu des sources de radium perdues ou volées ayant parfois entraîné une contamination.

Plusieurs cas faisaient intervenir des sources de radium médicales perdues qui s'étaient mélangées à des déchets d'hôpitaux évacués dans des décharges. À l'époque, il était fréquent d'élever des porcs sur ces terrains. Taft a signalé qu'à une occasion, des chercheurs visitant un de ces sites pour trouver une source de radium perdue ont constaté, grâce à leur électroscope, que le radium était proche, mais sans pouvoir le localiser. Ils ont noté qu'un troupeau de porcs était passé par là, ont capturé le troupeau et constaté qu'un porc était radioactif. Le porc a été abattu et la source de radium récupérée.

À Philadelphie, Frank Hartman, un représentant en radium, a consigné par écrit, sous la forme de notes personnelles, ses recherches de sources perdues et volées. Les notes de Hartman décrivent 120 cas survenus entre 1930 et 1958. Comme Taft, il a utilisé du minerai de willémitte ainsi que du ZnS, des électroscopes et des compteurs GM. Les 120 cas représentaient au total 4259 grammes de radium perdu ou volé, sur lesquels il a été en mesure de récupérer 3806 grammes, soit 89%. Ce pourcentage est impressionnant compte tenu de la nature primitive de ses moyens de détection et rend hommage à sa minutie et à sa ténacité. Aussi

étonnants étaient ses "clients à répétition", dont l'un avait perdu du radium à huit occasions !

Une autre catégorie d'incident avait trait au transport. Un exemple intrigant est la façon dont la Standard Chemical Company transférait du radium partiellement raffiné de son usine de Canonsburg, au sud de Pittsburgh, vers son laboratoire de Pittsburgh en vue de son raffinage final. Cela s'effectuait en transportant le radium par le tramway reliant les deux villes. En 1959, Miller a apporté des précisions sur cette pratique. Le radium était emballé dans des bouteilles de verres bouchées qui étaient placées dans des boîtes métalliques galvanisées. Ces boîtes étaient transportées en tramway par deux coursiers jusqu'à l'usine de Pittsburgh. Le rapport de Miller donne à penser que l'un des deux coursiers accomplissait régulièrement ce trajet, un individu nommé "Tommy" Thomas, qui était également le chef du département de Canonsburg qui avait pratiqué la première cristallisation fractionnée du radium à partir de solutions de chlorure. Rien n'est dit de la protection, et il est probable qu'il n'en existait aucune. Jusqu'à "plusieurs centaines de mg" étaient transportés chaque fois. Compte tenu du temps de transport par tramway entre les deux sites, on peut estimer que la dose annuelle reçue par Thompson du fait de cette seule activité a pu atteindre 1 Sv en 1920, date à laquelle la production de la Standard Chemical Company a culminé avec 18,5 grammes. Les autres passagers et membres d'équipage auront, bien entendu, aussi été exposés.

Un autre incident, mettant en jeu cette fois l'US Post Office, a été relaté par l'*Associated Press* en 1921. Dans ce cas, un patient recevant un traitement

ambulatoire au radium, n'a pas compris les instructions qui lui avaient été données et est rentré chez lui avec le radium. Là, il a retiré le radium et l'a mis de côté. Le médecin a alors publié une annonce concernant la source d'une valeur de 3500 dollars et le patient, à la lecture de l'annonce, a placé la source dans une enveloppe et l'a renvoyée par la poste. À en juger par le coût de l'époque, à savoir 120 000 dollars par gramme, la quantité de radium ainsi expédiée était d'environ 29 milligrammes.

ORFÈVRE CONTAMINÉE

Un souci fréquent des industries de recyclage des métaux est d'empêcher que des sources radioactives perdues, volées ou éliminées de façon inappropriée ne se mélangent à des déchets métalliques ou, à défaut, de détecter ces sources avant que la ferraille ne soit traitée ou fondue pour fabriquer de nouveaux produits. On notera avec intérêt que ce problème présente des antécédents remontant aussi loin que 1910.

Des grains contenant du radon ont été mis au point comme moyen de substitution aux sources de rayonnements destinées aux implants médicaux. La technique la plus fréquente consistait à pomper du radon provenant d'une solution de sels de radium dans un fin tube d'or qui était ensuite découpé et scellé en courts segments (grains). Une fois étalonnés, les grains étaient envoyés vers les hôpitaux et les dispensaires en vue de leur implantation.

Par rapport au radium, la technique des grains de radon était davantage de possibilités et, en raison des caractéristiques des produits de filiation du radon, les grains pouvaient être implantés de façon permanente.

Ne disposant pas des techniques d'imagerie qui existent aujourd'hui, les thérapeutes devaient estimer au mieux la taille de la tumeur pour déterminer le nombre de grains nécessaires. Comme les estimations du volume des tumeurs étaient généralement excessives, certains des grains commandés n'étaient pas utilisés. Les grains inutilisés pouvaient être retournés au fournisseur en échange d'un crédit, mais certains médecins les conservaient et les revendaient ensuite à des recycleurs d'or. Une fois fondus, les produits de filiation métalliques du radon – plomb 210, bismuth 210 et polonium 210 (ou Ra DEF dans la nomenclature de la chaîne de décroissance du radium) – se mélangeaient à l'or. Les bijoux fabriqués avec cet or devenaient une source d'irradiation, surtout lorsqu'ils étaient portés près de la peau. Dans les années 60, on a commencé à faire état de blessures par rayonnements liées au port de tels bijoux. En 1981, le New York State Department of Health a lancé une campagne spéciale visant à retrouver ces bijoux et à les retirer de la circulation. Quelque 160 000 objets ont été analysés. 133 articles radioactifs ont été récupérés et 22 autres ont été recensés, leurs propriétaires refusant toutefois de s'en séparer. La plupart des articles avaient été fabriqués ou acquis dans les années 30 et 40, mais l'un d'entre eux, une bague en or lisse, datait de 1910.

La dernière usine de production de radon des États-Unis a été exploitée par la Radium Chemical Company dans le Queens (New York), utilisant des appareils conçus par Gioacchino Failla. Elle a cessé de fonctionner en 1981, interrompant ainsi tout risque d'introduction de nouveaux grains de radon dans le recyclage de l'or. En 1982, cependant,

lorsque la Radium Chemical Company a reçu l'ordre d'inventorier ses grains d'or appauvris, elle n'a pu en rendre compte et en avait perdu toute trace. On ne peut s'empêcher de penser que l'inventaire avait été éliminé sur le marché du recyclage de l'or.

Ces faits montrent bien que les données dont on dispose en ce qui concerne les pertes, vols et abandons de sources de radium ne forment que la partie émergée de l'iceberg. On ne connaîtra jamais toute la vérité.

CONTRÔLE GOUVERNEMENTAL

Si les informations concernant les pertes, vols et autres problèmes de sûreté liés au radium étaient fragmentaires, il existait suffisamment d'éléments pour inquiéter le public et les organes législatifs. Le gouvernement a donc décidé de contrôler les utilisateurs de radium. Dans les années 60, de nombreux États ont ou avaient mis au point des programmes de réglementation du radium. Le PHS a directement aidé les États, sous la forme de subventions et de détachements de personnels, à mettre au point leurs programmes de contrôle des rayonnements.

À cette date, les propriétaires de nombreuses sources de radium n'en voulaient plus, mais ne pouvaient pas – ou ne voulaient pas – payer pour leur élimination. Des sources de radium abandonnées ont été retrouvées dans des endroits aussi inattendus que des coffres bancaires. Face à cette situation, le PHS a lancé, en 1965, un projet d'élimination du radium dans le cadre duquel les personnes qui avaient du radium superflu pouvaient lui transférer leurs sources. Dans la plupart des cas, les inspecteurs des programmes nationaux de contrôle des rayonnements

faisaient office d'agents de transfert, qui expédiaient les sources vers le Southeastern Regional Radiological Health Laboratory de Montgomery (Alabama), où elles étaient stockées. Ce laboratoire, exploité à l'origine par le United States Food and Drug Administration Bureau of Radiological Health, est maintenant un établissement de l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA). En 1983, l'inventaire cumulé de 140 grammes de radium a été transféré sur le site d'évacuation de déchets faiblement radioactifs de Hanford (Washington).

Par la suite, d'autres quantités importantes de radium ont été évacuées ailleurs. En 1989, 120 grammes de radium ont été récupérés à l'ancienne usine du Queens (New York) de la Radium Chemical Company et transférés sur le site d'évacuation de déchets faiblement radioactifs de Beatty (Nevada).

Dans les années 90, plusieurs États ont lancé des campagnes visant à localiser, récupérer et évacuer des sources de radium. Au total, 4,2 grammes ont été récupérés et éliminés par l'Oklahoma et l'Ohio. La Conférence des directeurs de programmes de contrôle des rayonnements estime que 12 grammes de radium par an ont été éliminés dans les années 70, 10 grammes par an dans les années 80, et 8 grammes par an dans les années 90.

LE PROGRAMME DE LICENCES GÉNÉRALES DE L'AEC

En 1958, époque à laquelle le PHS commençait à aider les États membres à mettre au point des programmes de réglementation visant à améliorer le contrôle, la comptabilité et l'élimination des



sources de radium, les employés d'une autre agence fédérale, la Commission de l'énergie atomique des États-Unis (AEC), a proposé d'étendre le concept de licence générale aux "appareils de mesure, de jaugeage et de contrôle" contenant des matières radioactives couvertes par la Loi sur l'énergie atomique de 1954 telle qu'amendée. D'après l'AEC, "environ 1000 utilisateurs seraient concernés".

Cette proposition a été approuvée en 1959 par la Commission. Fait ironique, vu de façon rétrospective, le changement de réglementation s'est traduit, pour cette population de sources radioactives, par des problèmes de

Photo : Des sources de rayonnements perdues ou abandonnées ont été retrouvées dans des cargaisons de ferrailles, aboutissant ainsi sans contrôle réglementaire dans le domaine public. Des mesures sont prises par l'industrie et les autorités américaines pour remédier à ces problèmes. (Crédit: NRC)

contrôle, de comptabilité et d'élimination analogues à ceux rencontrés avec les sources de radium.

Le concept de licence générale permet aux personnes ayant une formation minimale en radioprotection de posséder et d'exploiter des appareils agréés, posant ainsi un risque minimal pour les usagers et pour le public pendant l'utilisation des appareils. Les critères rigoureux de conception et de fabrication des appareils autorisaient cette démarche originale.

Les personnes qui utilisent ces appareils n'ont pas besoin de demander une autorisation spéciale, mais possèdent et utilisent les appareils dans le cadre de la licence générale et des conditions spécifiées par la réglementation. Le concept repose sur la notion selon laquelle les titulaires de licences générales assureront un contrôle et une comptabilité appropriés des appareils en leur possession et les élimineront de façon appropriée lorsqu'ils n'en auront plus besoin.

Les exigences de conception des appareils faisant l'objet de licences générales offrant l'assurance qu'ils peuvent être utilisés en toute sécurité, il n'existe aucun programme de contrôle systématique ou autre mécanisme réglementaire chargé de contacter périodiquement les titulaires de licences générales. Ces titulaires sont, pour la plupart, exemptés de frais d'utilisation. De ce fait, la plupart d'entre eux – environ 135 000 utilisateurs pour 1 800 000 appareils – sont rarement en contact avec les organes de réglementation.

En l'absence de tels contacts, certains programmes assurant le contrôle, la comptabilité et l'élimination des appareils se relâchent. À mesure que le temps passe, les étiquettes et signaux d'avertissement des appareils faisant l'objet de licences générales s'effacent souvent du fait de l'exposition aux intempéries et de l'absence d'entretien. De plus, les employés qui connaissent les appareils prennent leur retraite, sont licenciés ou abandonnent, pour d'autres raisons, l'usine du titulaire de la licence.

La conséquence prévisible de cette situation est que des sources faisant l'objet de licences générales aboutissent dans le domaine public de façon anarchique, le plus souvent éliminés avec de la ferraille. Des appareils faisant l'objet de licences spécifiques sont également rejetés par erreur avec la ferraille. Le nombre d'appareils faisant l'objet de licences spécifiques est cependant inférieur, leurs utilisateurs étant soumis à des contacts réglementaires du fait du versement de frais d'utilisation et de la pratique de contrôles systématiques.

L'analogie entre les titulaires de licences générales et les utilisateurs de radium d'avant les années 60 est la suivante : ni les

uns, ni les autres n'étaient soumis par les organes de réglementation à des contacts périodiques afin de leur rappeler la nécessité d'assurer le contrôle et la comptabilité de leurs sources, et de les utiliser et de les éliminer de façon appropriée.

Une différence importante, cependant, est la taille des deux populations. Comme nous l'avons noté, le nombre d'utilisateurs de radium a probablement culminé dans les années 50 (5000 à 6000). Ce n'est là qu'une fraction de la population titulaire de licences générales utilisant des appareils radioactifs, qui est passée de 1000 en 1958 à 135 000 quarante ans plus tard.

Dès 1981, les États ont fait part à la NRC de leurs inquiétudes concernant le programme de licences générales. En 1986, une équipe indépendante d'experts, qui avait examiné le programme d'octroi de licences et d'inspection de la NRC pour le cycle du combustible et les matières radioactives, a recommandé à la NRC d'accorder une plus grande priorité à l'examen permanent des politiques et procédures d'octroi de licences générales pour éviter les problèmes liés à l'abandon, à l'élimination inappropriée, au mauvais fonctionnement et à la mauvaise comptabilité des appareils.

Dans les années 90, les industries de recyclage du métal, également préoccupées par l'apparition de sources et d'appareils radioactifs agréés dans les ferrailles destinées aux recyclage, ont publié des documents d'information et d'orientation. Un rapport établi en 1996 par un groupe de travail mixte mis en place par la NRC et les États signataires d'un accord, a exprimé des inquiétudes analogues et recommandé de modifier le programme de licences générales de la NRC.

Le groupe de travail a également examiné un autre problème, celui des "sources orphelines". Il s'agit de sources ou d'appareils radioactifs retrouvés dans le domaine public, la plupart du temps par des recycleurs de métaux. Lorsque ces sources ou appareils sont signalés, il est souvent demandé à leurs découvreurs d'en assumer le contrôle et de les placer provisoirement à l'abri pour éviter tout risque potentiel pour le public. Cette situation s'explique par le fait que les organes de réglementation ne sont généralement pas censés accepter ou transférer des matières radioactives agréées à moins qu'elles ne représentent une menace immédiate pour la santé et la sécurité publiques.

Lorsque le propriétaire de la source – ou son fabricant – peut être identifié, des dispositions sont généralement prises en ce qui concerne le retour de la source ou le paiement de son élimination. En revanche, lorsque le propriétaire de la source – ou son fabricant – ne peut être identifié ou n'existe plus, la source est considérée "orpheline" et son malheureux découvreur peut être tenu responsable de sa sûreté à long terme et de son élimination définitive. Cette situation est bien entendu injuste et dissuade probablement certaines personnes de signaler la découverte de sources radioactives. Le groupe de travail a recommandé de se pencher sur ce problème.

En 1998, quarante ans après l'extension du programme de licences générales de l'AEC, la Commission a ordonné à la NRC de modifier ce programme. Le but était d'améliorer le contrôle et la comptabilité des appareils faisant l'objet d'une licence générale et de prendre des mesures garantissant

l'élimination appropriée des sources agréées superflues.

En outre, les États – par l'intermédiaire de la Conférence des directeurs de programmes de contrôle des rayonnements, avec l'appui de l'EPA et de la NRC – ont établi un comité chargé des matières radioactives superflues, qui s'efforcera de résoudre le problème des sources orphelines.

PRISE EN COMPTE DES ENSEIGNEMENTS

Pour conclure, un important enseignement à tirer de l'expérience opérationnelle des utilisateurs de radium est que des contacts périodiques entre les organes de réglementation et les utilisateurs de sources radioactives permettent de leur rappeler la nécessité d'assurer le contrôle et la comptabilité des sources, de les éliminer de façon appropriée lorsqu'elles deviennent superflues, et de les utiliser en toute sûreté.

Cet enseignement a été renforcé par la situation qui s'est ensuivie lorsque l'AEC a modifié sa réglementation pour étendre le programme de licences générales aux appareils radioactifs. Là encore, l'absence de contacts périodiques avec les organes de réglementation s'est soldé par des problèmes de contrôle, de comptabilité et d'élimination chez ce groupe d'utilisateurs. Les contacts périodiques entre les organes de réglementation et les utilisateurs de matières radioactives sont un élément essentiel de tout programme de réglementation.

Dans ce contexte historique, un autre enseignement est peut-être que lorsqu'on traite de questions de radioprotection, il ne faut jamais ignorer l'expérience passée. Faute de quoi, comme l'a écrit George Santayana, "ceux qui oublient le passé sont condamnés à le répéter". □

LES ÉTATS MEMBRES SE RENCONTRENT LORS DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DE L'AIEA

Des délégués de haut niveau des États membres de l'AIEA se réuniront à Vienne en septembre à l'occasion de la 43^{ème} session ordinaire de la Conférence générale de l'AIEA. Les séances commenceront le lundi 27 septembre à l'Austria Center. Les délégués examineront des questions de portée mondiale intéressant la sûreté nucléaire, la vérification des installations et le transfert de technologies.

Seront notamment inscrits à l'ordre du jour les points suivants : renforcement de la coopération

internationale en matière de sûreté nucléaire, de radioprotection et de sûreté des déchets ; renforcement des activités de coopération technique de l'Agence ; amélioration de l'efficacité et rationalisation du système de garanties, et application du Protocole type ; lutte contre le trafic illicite de matières nucléaires et d'autres sources radioactives ; application des garanties de l'AIEA au Moyen-Orient ; mise en œuvre des garanties en République populaire démocratique de Corée ; application des résolutions du

Conseil de sécurité des Nations Unies relatives à l'Iraq ; et production économique d'eau potable, y compris le dessalement nucléaire de l'eau de mer.

Comme par le passé, des informations quotidiennes sur la Conférence seront disponibles sur le site Internet *WorldAtom* de l'AIEA à l'adresse www.iaea.org. On pourra également y consulter des communiqués de presse, des documents de travail, des résumés des déclarations, les résolutions adoptées et les archives des Conférences passées.

UN FORUM SCIENTIFIQUE SE PENCHE SUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE ET SUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les centrales nucléaires produisent plus de 16% de l'électricité mondiale. La croissance du nucléaire, cependant, se ralentit au moment où les questions énergétiques et environnementales qui sont au cœur du développement durable suscitent un intérêt croissant.

En septembre 1999, les principaux organismes mondiaux spécialistes du nucléaire et de l'énergie se réuniront à Vienne dans le cadre d'un Forum scientifique qui portera sur le rôle joué par l'énergie nucléaire dans la réalisation des objectifs du développement durable. Les réunions commenceront pendant la semaine où se tiendra la Conférence générale de l'AIEA.

Le Forum est actuel à plusieurs titres. La 9^{ème} session de la Commission des Nations Unies sur le développement durable (CSD-9), qui se tiendra en 2001, portera sur les questions énergétiques. D'autre part, la Conférence des parties à la Convention-cadre sur le changement climatique (CCCC) et divers pays parties à la CCCC devraient prendre, au cours des deux prochaines années, des décisions importantes concernant les stratégies énergétiques recommandées pour répondre aux objectifs fixés en matière de réduction des gaz à effet de serre. À ce jour, le débat a essentiellement porté sur l'amélioration du rendement énergétique, les techniques de combustion propre des combustibles fossiles, et les énergies renouvelables. En règle générale, l'énergie nucléaire a été négligée alors que son utilisation pour la production d'électricité permet déjà d'éviter le rejet dans l'atmosphère d'environ 8% des émissions mondiales de gaz à effet de serre.

Les exposés organisés lors du Forum auront pour objet d'aider les responsables politiques à prendre

position sur les questions relatives à la demande et à l'offre d'énergie ainsi qu'à la viabilité des options énergétiques, y compris l'énergie nucléaire. Cet échange de vues contribuera également au propre rapport que présentera l'Agence à la CSD-9 et aidera à recenser les principaux problèmes qui doivent être abordés.

Le Forum commencera le mardi 28 septembre. La première séance abordera trois thèmes : les perspectives énergétiques mondiales ; le développement durable et son incidence sur les futurs modes de production d'énergie ; enfin, le développement économique et l'électricité. La deuxième séance de la journée traitera de l'économie et des effets externes ; de la comparaison des modes de production d'électricité ; et de l'information du public. Le 29 septembre, la troisième séance abordera trois autres thèmes : le rôle de l'énergie nucléaire dans les pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques ; son rôle éventuel dans les pays en développement ; et son rôle dans les pays en transition économique, y compris les pays d'Europe centrale et orientale. Cette séance sera suivie d'une table ronde finale consacrée aux questions énergétiques et environnementales et au rôle de la coopération internationale.

Un rapport résumant les débats du Forum scientifique devrait être présenté lors de la Conférence générale. Il est également prévu de faire la synthèse du consensus auquel on sera parvenu et d'inclure des recommandations concernant les futures orientations de la coopération internationale. Le rapport et les principaux documents pourront être consultés sur le site Internet *WorldAtom* de l'AIEA à l'adresse www.iaea.org.

**PARTENARIAT ENTRE
L'ORGANISATION DE
L'UNITÉ AFRICAINE ET
L'AIEA**

L'Organisation de l'unité africaine (OUA) et l'AIEA ont décidé de développer leur partenariat grâce à des activités de coopération dans les domaines de la production et de la santé animales, ainsi que de la lutte et de l'éradication des principaux parasites du bétail. Les deux organisations ont récemment signé un accord-cadre de coopération stratégique couvrant la période 1999-2001. La démarche et le programme de travail convenus étayeront la nouvelle stratégie de coopération technique de l'AIEA, qui vise à aider les pays à atteindre leurs principaux objectifs de développement et à obtenir des résultats socio-économiques tangibles. Les questions relatives à la production et à la santé animales intéressent l'ensemble de l'Afrique. L'Accord-cadre OUA/AIEA de coopération stratégique complète et renforce l'action commune menée par ces organisations, y compris les projets de coopération fructueux mis sur pied entre l'Agence et le Bureau interafricain pour les ressources animales (BIRA). Il prévoit notamment des activités liées à la lutte contre la mouche tsé-tsé et à son éradication ; la surveillance des maladies animales ; et l'amélioration de la production et de la nutrition du bétail. Un atelier mixte OUA/BIRA/AIEA sur l'harmonisation des programmes régionaux, plaçant l'accent sur le transfert des technologies et la lutte contre les maladies animales, devrait avoir lieu en septembre 1999 à Mombasa (Kenya).

**SYSTÈME DE GARANTIES RENFORCÉES:
ÉTAT DES PROTOCOLES ADDITIONNELS**

De nouveaux États ont signé ou ratifié des protocoles additionnels concernant l'application, par l'Agence, de garanties renforcées. Au 31 septembre 1999, la liste comprenait les États suivants :

Allemagne (UE)	signé le 22 sept. 1998
Arménie	signé le 29 sept. 1997
Australie	signé le 23 sept. 1997; ratifié le 12 déc. 1997
Autriche (UE)	signé le 22 sept. 1998
Belgique (UE)	signé le 22 sept. 1998
Bulgarie	signé le 24 sept. 1998
Canada	signé le 24 sept. 1998
Chine	signé le 31 déc. 1998
Chypre	signé le 29 juillet 1999
Corée (Rép. de)	signé le 21 juin 1999
Croatie	signé le 22 sept. 1998
Danemark (UE)	signé le 22 sept. 1998
Espagne (UE)	signé le 22 sept. 1998
États-Unis d'Amérique	signé le 12 juin 1998
Finlande (UE)	signé le 22 sept. 1998
France (UE)	signé le 22 sept. 1998
Géorgie	signé le 29 sept. 1997
Ghana	signé le 12 juin 1998
Grèce (UE)	signé le 22 sept. 1998
Hongrie	signé le 26 nov. 1998
Irlande (UE)	signé le 22 sept. 1998
Italie (UE)	signé le 22 sept. 1998
Japon	signé le 4 déc. 1998
Jordanie	signé et ratifié le 28 juillet 1998
Lituanie	signé le 11 mars 1998
Luxembourg (UE)	signé le 22 sept. 1998
Monaco	(approuvé par le Conseil de l'AIEA le 25 nov. 1998)
Norvège	(approuvé par le Conseil de l'AIEA le 24 mars 1999)
Nouvelle-Zélande	signé et ratifié le 24 sept. 1998
Ouzbékistan	signé le 22 sept. 1998; ratifié le 21 déc. 1998
Pays-Bas (UE)	signé le 22 sept. 1998
Philippines	signé le 30 sept. 1997
Pologne	signé le 30 sept. 1997
Portugal (UE)	signé le 22 sept. 1998
Roumanie	signé le 11 juin 1999
Royaume-Uni (UE)	signé le 22 sept. 1998
Saint-Siège	signé et ratifié le 24 sept. 1998
Slovaquie	(approuvé par le Conseil de l'AIEA le 14 sept. 1998)
Slovénie	signé le 26 nov. 1998
Suède (UE)	signé le 22 sept. 1998
Uruguay	signé le 29 sept. 1997

Unit Head, Unit for Equipment, Procurement, Inventory and Logistics Support, Section for Common, Technical Services, Division of Technical Services, Department of Safeguards (99/070). This P-3 post will provide the planning, organization, supervision, technical guidance and reporting associated with procurement, inventory, and logistics requirements for the Department of Safeguards' equipment and supplies. The position requires an advanced university degree in applied science or electrical or electronic engineering, at least six years of relevant experience in the handling of computerized equipment inventories, equipment procurement processes and equipment logistics, with some experience in an international environment, experience with nuclear and electronic equipment, experience at managerial level and strong organizational abilities, capabilities in the preparation and presentation of programme plans, proposals and reports and familiarity with safeguards equipment. Fluency in English, French, Russian or Spanish essential. Fluency in technical English is required.
Closing Date: 9 February 2000

Medical Physicist, Dosimetry and Medical Radiation Physics Section, Division of Human Health, Department of Nuclear, Sciences and Applications (99/071). This P-4 post will assist in the implementation of the IAEA/WHO thermoluminescent dosimeter (TLD) postal dosimetry service for quality audits of radiotherapy beams and the IDAS/ESR (International Dose Assurance Service/electron spin resonance) industrial dosimetry programme for Member States. The IAEA mailed dosimetry programmes provide services for verification of the dose delivered by radiotherapy beams and for

industrial applications, such as food irradiation and sterilization of health care products. The Medical Physicist will provide technical backstopping for the Agency's research and technical contracts, and technical co-operation projects in the field of medical radiation physics. The position requires a PhD in physics or an equivalent university degree. At least 10 years (3 years after PhD) of practical experience in the field of radiation dosimetry. At least 5 years' experience as a radiotherapy medical physicist working in external radiotherapy and brachytherapy, extensive practical experience in the use of the IAEA Codes of Practice for radiotherapy dosimetry, experience in operating TLD-based quality assurance networks, practical experience in the use of modern radiotherapy dosimetry protocols other than IAEA TRS-277, experience in diagnostic radiology and/or nuclear medicine, experience in research management and staff supervision, knowledge of high-dose dosimetry and good knowledge of computerized methods for evaluation of data and word processing. Fluency in English is essential. Knowledge of Spanish, Russian or French is highly desirable.
Closing Date: 9 February 2000

Senior Operational, Safety Officer, Operational Safety, Section Division of Nuclear, Installation Safety, Department of Nuclear Safety (99/608). This P-5 position will assist in implementing the Agency's programmes for the enhancement of the safe operation of nuclear power plants worldwide. The position requires an advanced university or equivalent higher level degree in engineering or physical sciences, 15 years' experience in nuclear power plant management and operation, at least 10 years of which should

have been in a senior position, 2 years of international experience, good management and leadership capabilities, in-depth expertise and familiarity with plant management and safety culture and the conduct of operations, technical support and maintenance of nuclear power plants. Good expression in English both orally and in writing. Fluency in English, French, Russian or Spanish essential.
Closing Date: 9 February 2000

NOTE

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

AVIS DE VACANCES DE POSTES SUR INTERNET

Les avis de vacances de postes d'administrateurs de l'AIEA ainsi que les formulaires de candidature sont disponibles sur Internet à l'adresse suivante:

<http://www.iaea.or.at/worldatom/vacancies>
On peut également obtenir des renseignements généraux sur les conditions d'emploi à l'AIEA ainsi qu'un spécimen du formulaire de candidature. Veuillez noter que les candidatures ne peuvent être transmises par voie électronique mais doivent être adressées par écrit à la Division du personnel de l'AIEA, B.P.100, A-1400 Vienne (Autriche).



**SYSTÈME INTERNATIONAL
D'INFORMATION NUCLÉAIRE
(INIS)**

TYPE DE BASE DE DONNÉES
Bibliographique

PRODUCTEUR

Agence internationale de l'énergie atomique en collaboration avec 103 Etats Membres de l'AIEA et 19 organismes internationaux

SERVICE COMPÉTENT

AIEA, Section INIS
B.P. 100

A-1400 Vienne (Autriche)
Téléphone: (43-1) 2600-22842
Télécopie: (43-1) 26007-29884
Mél.:

INIS.CentreServicesUnit@iaea.org
Renseignements complémentaires sur Internet:

<http://www.iaea.org/inis/inis.htm>

Pour s'abonner à la base de données INIS sur Internet, consulter l'adresse suivante:

<http://www.iaea.org/inis/inisdb.htm>
Disque de démonstration disponible gratuitement

**PLUS DE 2 MILLIONS
D'ENREGISTREMENTS
CONSULTABLES EN LIGNE
(DEPUIS 1970)**

DOMAINE

Informations venant du monde entier sur les utilisations pacifiques de la science et de la technologie nucléaires ainsi que sur les incidences économiques et environnementales d'autres sources d'énergie.

SUJETS TRAITÉS

Les principaux sujets traités sont les réacteurs nucléaires, la sûreté des réacteurs, la fusion nucléaire, l'application des rayonnements ou des isotopes en médecine, en agriculture, dans l'industrie et dans la lutte contre les ravageurs ainsi que des domaines connexes tels que la chimie nucléaire, la physique nucléaire et la science des matériaux. L'accent est mis en particulier sur les effets environnementaux, économiques et sanitaires de l'énergie nucléaire ainsi que sur les incidences économiques et environnementales des sources d'énergie non nucléaires et sur les aspects juridiques et sociaux de l'énergie nucléaire.



**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 +43-1-2600
Télex 1-12645

Téléfax +43-1-26007

Courrier électronique:

r.spiegelberg-planer@iaea.org
Renseignements complémentaires sur Internet:
<http://www.iaea.org/programms/a2/>

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, facteur de disponibilité et d'indisponibilité, facteur d'exploitation et facteur de charge.



**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 plus de 20 autres centres de constantes nucléaires dans le monde

SERVICE COMPÉTENT

AIEA, Section des constantes nucléaires B.P. 100, A-1400 Vienne (Autriche)

Téléphone +43-1-2600
Télex 1-12645

Téléfax +43-1-26007

Courrier électronique:

o.schwerer@iaea.org
Renseignements complémentaires sur Internet:
<http://www-nds.iaea.org/>

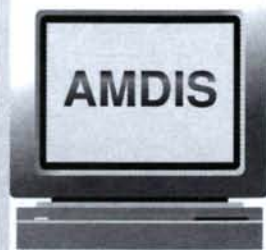
DOMAINE

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 disquette, cédérom et cartouche DAT 4mm.



**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:
j.a.stephen@iaea.org
Renseignements complémentaires sur Internet:

<http://www.iaea.org/programs/ri/nds/amdisintro.htm>

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 aussi être fournie par le producteur sous forme imprimée, à titre onéreux. INIS et AGRIS sont également disponibles sur CD-ROM. Des renseignements sur l'ensemble des bases de données de l'AIEA peuvent être obtenus par le biais des services Internet de l'Agence sous WorldAtom à l'adresse suivante: <http://www.iaea.org>.



International Nuclear Information System

INIS Database

on **INTERNET**

To subscribe go to

<http://www.iaea.org/inis/inisdb.htm>

- nuclear energy • nuclear power plants • nuclear reactors • nuclear fuel •
- radioactive waste • nuclear safety • nuclear law • safeguards •
- environmental and economic aspects of nuclear and nonnuclear energy sources • nuclear physics • nuclear fusion •
- treaties •

INIS Database

on Internet

- uranium •
- nuclear chemistry •
- corrosion • radiation chemistry •
- radioactive contamination • labelling •
- radionuclide transport and monitoring in land, water and atmosphere • nuclear medicine • radiotherapy •

INIS

International Nuclear Information System

Access current and retrospective information through the INIS Database. For more than 28 years, the scientific, academic and industrial communities have used the INIS Database to retrieve references to literature on relevant nuclear science and technology subjects.

For more information about INIS please go to <http://www.iaea.org/inis/inis.htm>

It's your turn now!!!

Subscribe to the INIS Database at:
<http://www.iaea.org/inis/inisdb.htm>

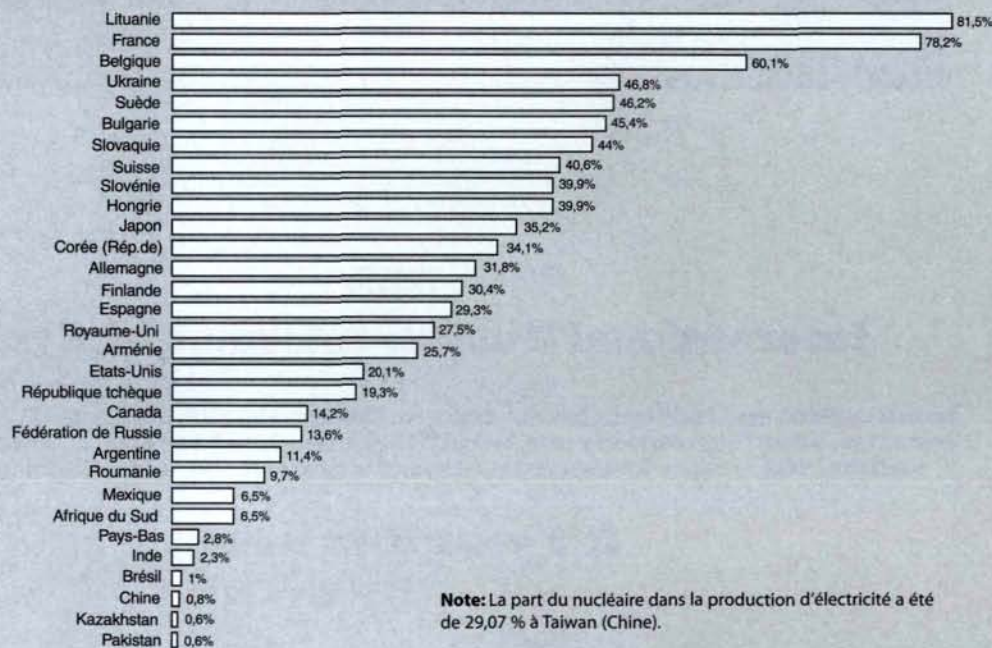
SITUATION DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DANS LE MONDE

	EN SERVICE		EN CONSTRUCTION	
	NOMBRE DE TRANCHES	TOTAL MWE	NOMBRE DE TRANCHES	TOTAL MWE
AFRIQUE DU SUD	2	1 842		
ALLEMAGNE	20	22 282		
ARGENTINE	2	935	1	692
ARMÉNIE	1	376		
BELGIQUE	7	5 712		
BRÉSIL	1	626	1	1 229
BULGARIE	6	3 538		
CANADA	14	9 998		
CHINE	3	2 167	6	4 420
CORÉE, RÉP. DE	15	12 340	3	2 550
ESPAGNE	9	7 377		
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE	104	96 423		
FINLANDE	4	2 656		
FRANCE	58	61 653	1	1 450
HONGRIE	4	1 729		
INDE	10	1 695	4	808
IRAN			2	2 111
JAPON	53	43 691	2	1 863
KAZAKHSTAN	1	70		
LITUANIE	2	2 370		
MEXIQUE	2	1 308		
PAKISTAN	1	125	1	300
PAYS-BAS	1	449		
RÉPUBLIQUE TCHÈQUE	4	1 648	2	1 824
ROUMANIE	1	650	1	650
ROYAUME-UNI	35	12 928		
RUSSIE, FÉD. DE	29	19 843	4	3 375
SLOVAQUIE	5	2 020	3	1 164
SLOVÉNIE	1	632		
SUÈDE	12	10 040		
SUISSE	5	3 079		
UKRAINE	16	13 765	4	3 800
TOTAL*	434	348 891	36	27 536

*Ce total inclut Taiwan (Chine) où six réacteurs d'une puissance totale de 4 884 MWe étaient en service. Une tranche de 1300 Mwe est en construction. Le tableau reflète la situation signalée à l'AIEA en décembre 1998; données préliminaires sujettes à modifications.

PART DU NUCLÉAIRE DANS LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DE QUELQUES PAYS

Ces pourcentages sont valables pour décembre 1998



Note: La part du nucléaire dans la production d'électricité a été de 29,07 % à Taiwan (Chine).

Look What's NEW for Safeguards/NDA Applications

from  **EG&G® ORTEC®**

The Very Latest . . .



AMSR 150 The latest LANL design of Advanced Multiplicity Shift Register. For attended and unattended operation. Backwards compatible with JSR 11/12, available with INCC and MIC software codes. The future of Neutron Coincidence Counting.



DSPEC^{PLUS} The best . . . improved! Ethernet ready, Integrated Digital Gamma-Ray Spectrometer for HPGe detectors, highly automated, ultra-stable, and FASTER. You cannot do better in a gamma-ray spectrometer!

. . . CONNECTIONS Software in 32 Bits



MGA++ Latest version of LLNL MGA Isotopic Composition codes for Pu and U.



CZTU Analysis of U enrichment with CZT detector systems.



PC/FRAM V3.3 Latest LANL Isotopic Composition code for Pu, U, and Pu-U mixture analysis.



E-METER™ The classic Enrichment Meter NaI(Tl) method IMPROVED: automated, self-adjusting, and stabilized.



ISOTOPIC For the analysis of fissile waste in badly-characterized matrices and geometries.



M-1 *In-situ* soil analysis: practical, rapid, and accurate.



A11-B32 Toolkit The key to efficient application development for ANY *CONNECTIONS*-supported hardware.

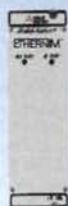
. . . and CONNECTIONS Hardware



DART® The definitive performance portable 8k MCA for HPGe detectors, highest throughput, best stability, longer battery life (8 hr) with Ge detectors, hot swap batteries, and 5.25 lbs.



LabMaster™ Networkable Multi-Function Data Acquisition Card; 24 digital I/O lines, 21 counter/timers, 2 analog outputs, 7 analog inputs, and includes programmer's toolkit.



MatchMaker™ The hardware link between *CONNECTIONS* applications and non-ORTEC ADC systems. Y2K support for those old Canberra, Nuclear Data, and Silena ADCs. Don't throw them out, recycle them!



MiniMCA-166 The diminutive portable 4k MCA, used extensively by IAEA and Euratom. 680 grams.

And Not Forgetting . . . Applications-tuned HPGe detectors of the highest performance and quality.

Call your EG&G ORTEC representative today, or check our web site www.eggortec.com for the latest news!



HOTLINE 800-251-9750

Email: INFO_ORTEC@egginc.com • Fax (423) 483-0396 • www.eggortec.com

100 Midland Road, Oak Ridge, TN 37831-0895 U.S.A. • (423) 482-4411

AUSTRIA (01) 91422510 CANADA (800) 268-2735 FRANCE 04.76.90.70.45 GERMANY (07081) 1770 ITALY (02) 27003636 JAPAN (047) 3927888 RUSSIA (095) 9374593 UK (01189) 773003 PRC (010) 65544525

LIEUX DE VENTE DES PUBLICATIONS DE L'AIEA

Dans les pays ci-après, les publications de l'AIEA sont en vente aux adresses indiquées ci-après ou par l'intermédiaire des principales librairies locales.
Le paiement peut être effectué en monnaie locale ou en coupons de l'UNESCO.

ALLEMAGNE

UNO-Verlag, Vertriebs- und Verlags GmbH, Poppelsdorfer Allee 55, D-53115 Bonn
Téléphone: +49 228 94 90 20
Facsimilé: +49 228 21 74 92
Web site: <http://www.uno-verlag.de>
Courrier électronique: unoverlag@aol.com

AUSTRALIE

Hunter Publications
58A Gipps Street, Collingwood, Victoria 3066
Téléphone: +61 3 9417 5361
Facsimilé: +61 3 9419 7154
Courrier électronique: jpdavies@ozemail.com.au

BELGIQUE

Jean de Lannoy,
avenue du Roi 202, B-1190 Bruxelles
Téléphone: +32 2 538 43 08
Facsimilé: +32 2 538 08 41
Courrier électronique: jean.de.lannoy@infoboard.be
Web site: <http://www.jean-de-lannoy.be>

BRUNEI

voir Malaisie

CHINE

Publications de l'AIEA en chinois:
Nuclear Information Center, Translation Service
P.O. Box 2103, Beijing 100037

DANEMARK

Munksgaard Subscription Service,
Nørre Søgade 35, P.O. Box 2148
DK-1016 Copenhague K
Téléphone: +45 33 12 85 70
Facsimilé: +45 33 12 93 87
Courrier électronique:
subscription.service@mail.munksgaard.dk
Web site: <http://www.munksgaard.dk>

EGYPTE

The Middle East Observer,
41 Sherif Street, Le Caire
Téléphone: +20 2 3939 732, 3926 919
Facsimilé: +20 2 3939 732, 3606 804
Courrier électronique: foudat@soficom.com.eg

ESPAGNE

Diaz de Santos, Lagasca 95,
E-28006 Madrid
Téléphone: +34 1 431 24 82
Facsimilé: +34 1 575 55 63
Courrier électronique: madrid@diazdesantos.es
Diaz de Santos, Balmes 417-419
E-08022 Barcelone
Téléphone: +34 3 212 86 47
Facsimilé: +34 3 211 49 91
Courrier électronique: balmes@diazsantos.com
Courrier électronique: librerias@diazdesantos.es
Web site: <http://www.diazdesantos.es>

ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Bernan Associates, 4611-F Assembly Drive, Lanham, MD
20706-4391, EE UU
Téléphone: 1-800-274-4447 (sans taxe)
Facsimilé: (301) 459-0056/
1-800-865-3450 (sans taxe)
Courrier électronique: query@bernan.com
Web site: <http://www.bernan.com>

FRANCE

Nucléon, Immeuble Platon, Parc les Algorithmes
F-91194 Gif-sur-Yvette, Cedex
Téléphone: +33 1 69 353636; Facsimilé: +33 1 69 350099
Courrier électronique: nucleon@wanadoo.fr

HONGRIE

Librotrade Ltd., Book Import
P.O. Box 126, H-1656 Budapest
Téléphone: +36 1 257 7777
Facsimilé: +36 1 257 7472
Courrier électronique: books@librotrade.hu

INDE

Viva Books Private Limited, 4325/3
Ansari Road, Darya Ganj, New Delhi-110002
Téléphone: +91 11 327 9280, 328 3121, 328 5874

Facsimilé: +91 11 326 7224

Courrier électronique:
vinod.viva@gndel.globalnet.ems.vsnl.net.in

ISRAËL

YOZMOT Ltd., 3 Yohanan Hasandiar St.
P.O. Box 56055, IL-61560 Tel Aviv
Téléphone: +972 3 5284851
Facsimilé: +972 3 5285397

ITALIE

Libreria Scientifica Dott. Lucio di Biasio "AEIOU",
Via Coronelli 6, I-20146 Milan
Téléphone: +39 2 48 95 45 52 or 48 95 45 62
Facsimilé: +39 2 48 95 45 48

JAPON

Maruzen Company, Ltd.
P.O. Box 5050, 100-31 Tokyo International
Téléphone: +81 3 3272 7211
Facsimilé: +81 3 3278 1937
Courrier électronique: yabe@maruzen.co.jp
Web site: <http://www.maruzen.co.jp>

MALAISIE

Parry's Book Center Sdn. Bhd.
60 Jalan Negara, Taman Melawati, 53100 Kuala Lumpur
Téléphone: +60 3 4079176, 4079179, 4087235, 4087528
Facsimilé: +60 3 407 9180
Courrier électronique: haja@pop3.jaring.my
Web site: <http://www.mol.net.my/~parrybook/parrys.htm>

PAYS-BAS

Martinus Nijhoff International
P.O. Box 269, NL-2501 AX The Hague
Téléphone: +31 793 684 400; Facsimilé: +31 793 615 698
Courrier électronique: info@nijhoff.nl
Web site: <http://www.nijhoff.nl>
Swets and Zeitlinger b.v.,
P.O. Box 830, NL-2160 SZ Lisse
Téléphone: +31 252 435 111; Facsimilé: +31 252 415 888
Courrier électronique: infoho@swets.nl
Web site: <http://www.swets.nl>

POLOGNE

Foreign Trade Enterprise, Ars Polona, Book Import Dept.,
7, Krakowskie Przedmieście Street,
PL-00-950 Warsaw
Téléphone: +48 22 826 1201 ext. 147, 151, 159
Facsimilé: +48 22 826 6240
Courrier électronique: ars_pol@bevvy.hsn.com.pl
Web site: <http://www.arspolona.com.pl>

ROYAUME-UNI

The Stationery Office Ltd, International Sales Agency
51 Nine Elms Lane, London SW8 5DR
Téléphone: +44 171 873 9090;
Facsimilé: +44 171 873 8463
Courrier électronique: Commanes:book.orders@theso.co.uk
Renseignements: ipa.enquiries@theso.co.uk
Web site: <http://www.the-stationery-office.co.uk>

SINGAPOUR

Parry's Book Center Pte. Ltd.,
528 A MacPHERSON Road
Singapore 1336
Téléphone: +65 744 8673; Facsimilé: +65 744 8676
Courrier électronique: haja@pop3.jaring.my
Web site: <http://www.mol.net.my/~parrybook/parrys.htm>

SLOVAQUIE

Alfa Press, s.r.o., Krizkova 9, SQ-811 04 Bratislava
Téléphone/Facsimilé: +421 7 566 0489

Les commandes et les demandes de renseignements peuvent aussi être envoyées directement à l'adresse suivante:

Unité de la promotion et de la vente des publications
Agence internationale de l'énergie atomique
Wagramerstrasse 5, P.O. Box 100
A-1400 Vienne
Autriche
Téléphone: +43 1 2060 22529 (or 22530)
Facsimilé: +43 1 2060 29302
Courrier électronique: sales.publications@iaea.org
Web site: <http://www.iaea.org/worldatom/publications>

SAFETY REPORTS SERIES

IMPLEMENTATION AND REVIEW OF A
NUCLEAR POWER PLANT AGEING
MANAGEMENT PROGRAMME
Safety Report Series No. 15
ISBN 92-0-100999-2 Price: AT\$200/€14.53

RADIATION PROTECTION AND SAFETY IN
INDUSTRIAL RADIOGRAPHY
Safety Report Series No. 13
ISBN 92-0-100199-1 Price: AT\$1440

HEALTH SURVEILLANCE OF PERSONS
OCCUPATIONALLY EXPOSED TO IONIZING
RADIATION: GUIDANCE FOR OCCUPATIONAL
PHYSICIANS, Safety Reports Series No. 5
ISBN 92-0-103898-4 Price: AT\$ 200

DEVELOPING SAFETY CULTURE IN NUCLEAR
ACTIVITIES — Practical Suggestions to Assist
Progress, Safety Reports Series No. 11
ISBN 92-0-104398-8 Price: AT\$ 280

TECHNICAL REPORTS SERIES

VERIFICATION AND VALIDATION OF
SOFTWARE RELATED TO NUCLEAR POWER
PLANT INSTRUMENTATION AND CONTROL
Technical Report Series No. 384
ISBN 92-0-100799-X Price: AT\$480/€34.88

NUCLEAR MEASUREMENTS, TECHNIQUES
AND INSTRUMENTATION
Technical Report Series No. 393
ISBN 92-0-100699-3 Price: AT\$680

RADIOLOGICAL ASSESSMENT REPORTS SERIES

RADIOLOGICAL CONDITIONS OF THE
WESTERN KARA SEA
ISBN 92-0-104298-1, Price: AT\$ 440

RADIOLOGICAL CONDITIONS THE
SEMIPALATINSK TEST SITE, KAZAKHSTAN:
PRELIMINARY ASSESSMENT AND
RECOMMENDATIONS FOR FURTHER STUDY
ISBN 92-0-104098-9, Price: AT\$ 200

THE RADIOLOGICAL ACCIDENT IN TAMMIKU
ISBN 92-0-100698-5 Price: AT\$ 280

MISCELLANEOUS

OPERATING EXPERIENCE WITH NUCLEAR
POWER STATIONS IN MEMBER STATES IN
1997
ISBN 92-0-104898-X, Price: AT\$ 2440

DIRECTORY OF NUCLEAR RESEARCH
REACTORS 1998
ISBN 92-0-104998-6, Price: AT\$ 2520

Tous les prix sont indiqués en AT\$ (Schillings autrichiens). Pour tout renseignement complémentaire concernant les publications de l'AIEA proposées à la vente, s'adresser à la Division des publications de l'Agence (mél.: sales.publications@iaea.org). Une liste complète des publications de l'Agence est disponible sur le site Internet WorldAtom à l'adresse: <http://www.iaea.org>

Canberra Safeguards Systems...



A World of Support

Safeguards requires experience, reliability, reproducibility, worldwide support and, above all, an understanding of the requirements of the various international and domestic agencies that share a common mission to control the spread of nuclear weapons. Safeguards is an application that requires a company like Canberra – a company that offers, not only the technical expertise, but also the experience and resources necessary to meet our customers' need for integrated and remote safeguards solutions.

The recent addition of the Aquila safeguards product lines of asset tracking devices, seals, and surveillance systems has increased our ability to meet the total needs of our safeguards customers.

Our commitment to nuclear safeguards is total – from portable instruments used to conduct independent verification measurements, to complex unattended safeguards measurement systems used to monitor nuclear material in the world's largest reprocessing plants – from surveillance cameras used to continuously record activities in safeguarded facilities to electronic tags and seals used to prevent undetected tampering of equipment or containers.

For the total solution to your safeguards requirements, contact Canberra to see how...

Real People tackle Real Challenges and offer Real Solutions.



Canberra Industries
800 Research Parkway, Meriden, CT 06450 U.S.A.
Tel: (203) 238-2351 Toll Free 1-800-243-4422
FAX: (203) 235-1347 <http://www.canberra.com>

With Offices In: Australia, Austria, Belgium, Canada,
Central Europe, Denmark, France, Germany, Italy,
Netherlands, Russia, United Kingdom.

LES PROJETS DE RECHERCHE COORDONNES DE L'AIEA

TECHNIQUES ET MÉTHODES DE STABILISATION ET D'ISOLATION À LONG TERME DES RÉSIDUS DU TRAITEMENT DE L'URANIUM

Ces recherches aideront les États membres à mettre au point des techniques, des modalités et des procédés de stabilisation des sites d'extraction et de traitement de l'uranium afin d'en permettre une gestion et une remise en état durables et d'encourager, dans toute la mesure possible, une démarche harmonisée et systématique.

MISE AU POINT DE MÉTHODES DE GESTION DE SYSTÈMES DURABLES DE CULTURE SUR SOLS ACIDES TROPICAUX GRÂCE À L'UTILISATION DE TECHNIQUES NUCLÉAIRES ET APPARENTÉES

Ce programme de recherche coordonnée (PRC) portera sur la production agricole durable sur sols acides tropicaux selon trois principaux axes d'étude : a) utilisation de géotypes végétaux résistants à l'acide et à haut rendement de phosphore, b) étude de l'infertilité des sols acides, et c) élaboration de méthodes améliorées de gestion et de conservation des sols. L'objectif global est de mettre au point des méthodes intégrées de gestion des sols, de l'eau et des nutriments afin d'accroître et de maintenir la productivité des sols acides tropicaux. Ce programme portera en particulier sur les sols acides des écosystèmes de savane des tropiques humides et sub-humides d'Afrique et d'Amérique latine. Ce programme se déroulera tout au long de 1999 avec l'aide de chercheurs participant activement aux réseaux existants spécialisés dans les sols acides tropicaux et ayant une expérience des méthodes pluridisciplinaires.

ASSURANCE-QUALITÉ DES MOUCHES DE FRUITS PRODUITES ET RELÂCHÉES EN MASSE

La lutte contre les ravageurs à l'échelon d'une région au moyen d'insectes stériles offre une alternative écologique et économique aux méthodes traditionnelles à base de pesticides. Cette méthode, qui repose sur des techniques nucléaires, consiste à produire et à relâcher en masse à l'échelon d'une région des insectes ravageurs stérilisés par irradiation afin d'interrompre leur reproduction. La surveillance constante des processus de production de masse et de la qualité des insectes permet de s'assurer que les insectes stérilisés par rayonnements gamma sont pleinement compatibles et compétitifs avec les insectes non stériles. Ce PRC profitera, dans un avenir proche et lointain, à un nombre croissant d'États membres lorsque ceux-ci souhaiteront combattre les mouches de fruits au moyen d'insectes stériles pour stimuler leur développement, leur production et leurs échanges agricoles tout en protégeant l'environnement. Il a pour but d'améliorer l'assurance-qualité, la gestion des données et l'échange d'informations à l'échelon mondial.

ANALYSE DE LA MUTATION DES CARACTÈRES DES RACINES DES PLANTES VIVRIÈRES ANNUELLES DANS L'OPTIQUE D'UNE DÉTERMINATION DE LEURS PERFORMANCES

Historiquement, l'analyse génétique des caractéristiques des racines a été négligée principalement en raison de la difficulté d'accès à cet organe souterrain. C'est pourquoi peu de racines mutantes de plantes vivrières ont été décrites à ce jour. La rareté des racines mutantes a empêché d'évaluer, dans le cadre des programmes de culture, certaines de leurs caractéristiques. On observe, cependant, quelques changements d'attitude et des gènes ergonomiquement importants associés aux racines ont récemment été identifiés pour le blé et pour le riz. Le PRC consistera principalement à utiliser les techniques de mutation et les biotechnologies associées pour produire et utiliser des mutants et identifier ainsi les caractéristiques et les gènes des racines permettant d'améliorer la productivité et la viabilité des plantes vivrières.

COLLOQUES ET SEMINAIRES ORGANISÉS PAR L'AIEA

PRÉVUS EN 2000

(LISTE PARTIELLE)

CONFÉRENCE SUR LA SÛRETÉ DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS CORDOUE (ESPAGNE), 13-17 MARS

CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE AU XXI^E SIÈCLE – PROBLÈMES ET PERSPECTIVES NEW YORK (ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE), 22-26 MAI

COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LA TECHNOLOGIE DES RAYONNEMENTS DANS LES NOUVELLES APPLICATIONS INDUSTRIELLES BEIJING (CHINE), 4-8 SEPTEMBRE

COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LE CYCLE DE PRODUCTION D'URANIUM ET L'ENVIRONNEMENT VIENNE (AUTRICHE), 2-6 OCTOBRE

COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LES TECHNIQUES NUCLÉAIRES DANS LA GESTION INTÉGRÉE DES FERTILISANTS, DE L'EAU ET DES SOLS VIENNE (AUTRICHE), 16-20 OCTOBRE

COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LES INSTRUMENTS ISOTOPIQUES DE SURVEILLANCE DE LA SITUATION NUTRITIONNELLE DANS LES PROGRAMMES DE NUTRITION ET DE DÉVELOPPEMENT DATE ET LIEU À DÉTERMINER

RENSEIGNEMENTS PROVISOIRES. VOIR ENCADRÉ À GAUCHE.

La liste ci-dessus est sélective et provisoire. Pour des renseignements complémentaires concernant les réunions, s'adresser à l'AIEA, Section des services de séances, ou se reporter à la publication trimestrielle de l'AIEA intitulée *Meetings on Atomic Energy*, et consulter les services WorldAtom de l'AIEA sur Internet à l'adresse suivante: <http://www.iaea.org>. Des précisions sur les programmes de recherche coordonnée (PRC) peuvent être obtenues à l'AIEA, auprès de la Section d'administration des contrats de recherche. Les PRC 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 électronucléaire.



AIEA BULLETIN

PUBLICATION TRIMESTRIELLE DE
L'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Publication de la Division de l'information
Agence internationale de l'énergie atomique
B.P. 100, A-1400 Vienne (Autriche)
Tél: (43-1) 2600-21270
Télécopie: (43-1) 26007
Courrier électronique: official.mail@iaea.org

DIRECTEUR GENERAL: M. Mohamed ElBaradei
DIRECTEURS GÉNÉRAUX ADJOINTS:
M. David Waller, M. Pierre Goldschmidt,
M. Victor Mourovov, M. Sueo Machi,
M. Jihui Qian, M. Zygmund Domaratzki
**DIRECTEUR, DIVISION
DE L'INFORMATION:** M. David Kyd

REDACTEUR EN CHEF:
M. Lothar H. Wedekind
SECRETAIRES DE REDACTION:
Mme Ritu Kenn
MISE EN PAGE/CONCEPTION:
Mme Ritu Kenn

RUBRIQUE ACTUALITES:
Mme A. Schiffmann, Mme R. Spiegelberg
PRODUCTION: M. P. Witzig, M. R. Kelleher,
M. D. Schroder, M. R. Breitenacker,
M. H. Baumgartner, Mme P. Murray, M. A. Adler,
M. R. Luttenfeldner, M. L. Nimetzki

SERVICES LINGUISTIQUES:
Division des Langues
EDITION FRANÇAISE: M. Yvon Prigent
traduction, 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
EDITION RUSSE: JSC Interdiakto+, Moscou;
traduction, impression, distribution

PUBLICITÉ
Les annonceurs sont priés d'adresser leur
correspondance à la Division des publications
de l'AIEA, Unité de vente des publications
et de la publicité, B.P. 100, A-1400 Vienne
(Autriche). Les numéros de téléphone et
de télécopie ainsi que l'adresse de courrier
électronique sont marqués ci-dessus.

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* 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.

AIEA ÉTATS MEMBRES

1957 Afghanistan Afrique du Sud Albanie Allemagne Argentine Australie Autriche Bélarus Brésil Bulgarie Canada <i>Corée, République de</i> Cuba Danemark Egypte El Salvador Espagne Etats-Unis d'Amérique Ethiopie Fédération de Russie 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	Bolivie Côte d'Ivoire Jamahiriya Arabe Libyenne République Arabe Syrienne Uruguay	1974 Maurice 1976 Emirats Arabes Unis Qatar République-Unie de Tanzanie 1977 Nicaragua 1984 Chine 1986 Zimbabwe 1992 Croatie Estonie Slovénie 1993 Arménie Lituanie République tchèque Slovaquie 1994 Iles Marshall Kazakhstan L'ex-République yougoslave de Macédoine Ouzbékistan Yémen 1995 Bosnie-Herzégovine 1996 Géorgie 1997 Lettonie Malte République de Moldova 1998 Benin Burkina Faso
1958 Belgique Cambodge Equateur Finlande Iran, Rép. islamique d' Luxembourg Mexique Philippines Soudan	1959 Iraq	1964 Cameroun Gabon Koweït Nigeria	1965 Chypre Costa Rica Jamaïque Kenya Madagascar
1960 Chili Colombie Ghana Sénégal	1961 Liban Mali Zaire	1966 Jordanie Panama	1967 Ouganda Sierra Leone Singapour
1962 Arabie Saoudite Libéria	1962 Libéria	1968 Lichtenstein	1969 Malaisie Niger Zambie
1963 Algérie	1962 Arabie Saoudite Libéria	1969 Malaisie Niger Zambie	1970 Irlande
	1962 Arabie Saoudite Libéria	1972 Bangladesh	1970 Irlande
	1963 Algérie	1973 Mongolie	1972 Bangladesh

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 129 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