

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

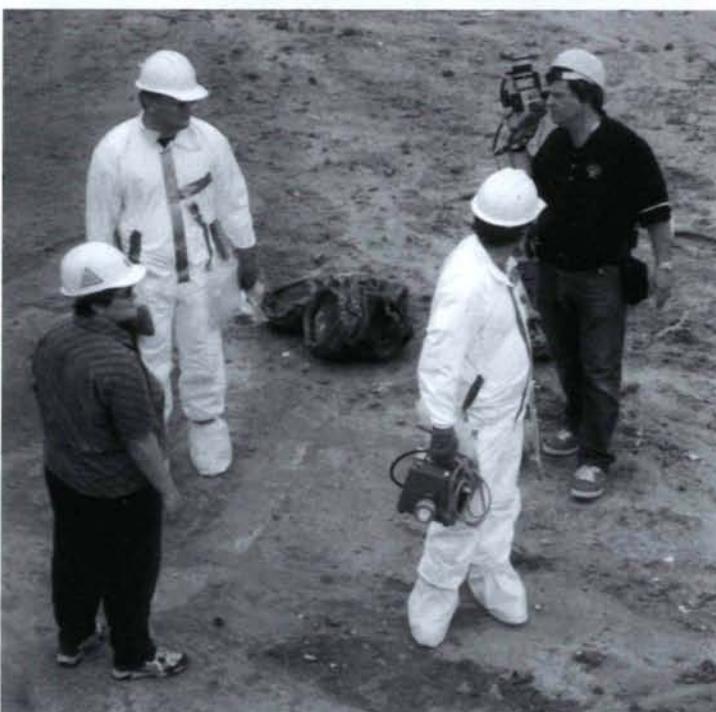
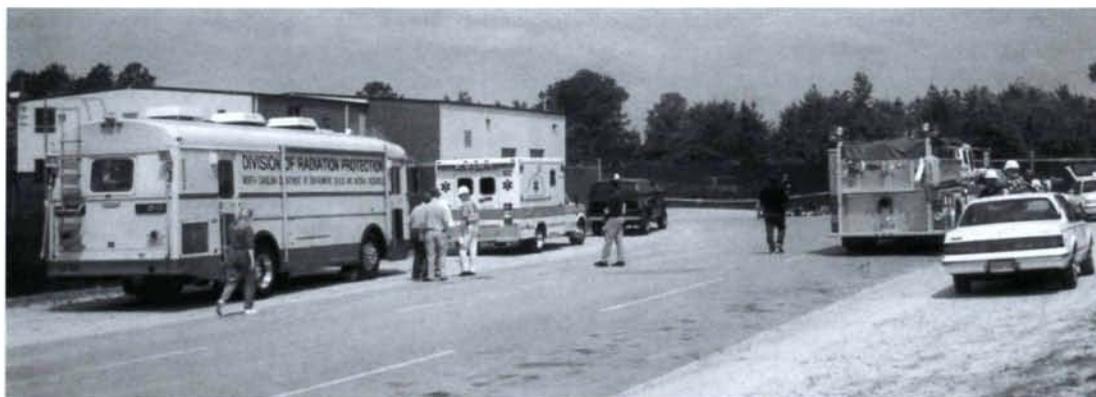
ISOTOPES ET QUANTITÉS FAISANT L'OBJET D'UNE SURVEILLANCE RÉGLEMENTAIRE RENFORCÉE

(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. □