

Normes de sûreté de l'AIEA

pour la protection des personnes et de l'environnement

Stratégie nationale visant à la reprise de contrôle des sources orphelines et au renforcement du contrôle des sources vulnérables

Guide de sûreté particulier

N° SSG-19



IAEA

Agence internationale de l'énergie atomique

NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA ET PUBLICATIONS CONNEXES

NORMES DE SÛRETÉ

En vertu de l'article III de son Statut, l'AIEA a pour attributions d'établir ou d'adopter des normes de sûreté destinées à protéger la santé et à réduire au minimum les dangers auxquels sont exposés les personnes et les biens et de prendre des dispositions pour l'application de ces normes.

Les publications par lesquelles l'AIEA établit des normes paraissent dans la **collection Normes de sûreté de l'AIEA**. Cette collection couvre la sûreté nucléaire, la sûreté radiologique, la sûreté du transport et la sûreté des déchets, et comporte les catégories suivantes : **fondements de sûreté, prescriptions de sûreté et guides de sûreté**.

Des informations sur le programme de normes de sûreté de l'AIEA sont disponibles sur le site web de l'AIEA :

<http://www-ns.iaea.org/standards/>

Le site donne accès aux textes en anglais des normes publiées et en projet. Les textes des normes publiées en arabe, chinois, espagnol, français et russe, le Glossaire de sûreté de l'AIEA et un rapport d'étape sur les normes de sûreté en préparation sont aussi disponibles. Pour d'autres informations, il convient de contacter l'AIEA à l'adresse suivante : Centre international de Vienne, B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche).

Tous les utilisateurs des normes de sûreté sont invités à faire connaître à l'AIEA l'expérience qu'ils ont de cette utilisation (c'est-à-dire comme base de la réglementation nationale, pour des examens de la sûreté, pour des cours) afin que les normes continuent de répondre aux besoins des utilisateurs. Les informations peuvent être données sur le site web de l'AIEA, par courrier (à l'adresse ci-dessus) ou par courriel (Official.Mail@iaea.org).

PUBLICATIONS CONNEXES

L'AIEA prend des dispositions pour l'application des normes et, en vertu des articles III et VIII.C de son Statut, elle favorise l'échange d'informations sur les activités nucléaires pacifiques et sert d'intermédiaire entre ses États Membres à cette fin.

Les rapports sur la sûreté dans le cadre des activités nucléaires sont publiés dans la collection **Rapports de sûreté**. Ces rapports donnent des exemples concrets et proposent des méthodes détaillées à l'appui des normes de sûreté.

Les autres publications de l'AIEA concernant la sûreté paraissent dans les collections **Préparation et conduite des interventions d'urgence, Radiological Assessment Reports, INSAG Reports** (Groupe international pour la sûreté nucléaire), **Technical reports** et **TECDOC**. L'AIEA édite aussi des rapports sur les accidents radiologiques, des manuels de formation et des manuels pratiques, ainsi que d'autres publications spéciales concernant la sûreté.

Les publications ayant trait à la sécurité paraissent dans la **collection Sécurité nucléaire de l'AIEA**.

La **collection Énergie nucléaire de l'AIEA** est constituée de publications informatives dont le but est d'encourager et de faciliter le développement et l'utilisation pratique de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques, ainsi que la recherche dans ce domaine. Elle comprend des rapports et des guides sur l'état de la technologie et sur ses avancées, ainsi que sur des données d'expérience, des bonnes pratiques et des exemples concrets dans les domaines de l'électronucléaire, du cycle du combustible nucléaire, de la gestion des déchets radioactifs et du déclassement.

STRATÉGIE NATIONALE VISANT À
LA REPRISE DE CONTRÔLE DES
SOURCES ORPHELINES ET AU
RENFORCEMENT DU CONTRÔLE
DES SOURCES VULNÉRABLES

Les États ci-après sont Membres de l'Agence internationale de l'énergie atomique :

AFGHANISTAN	GÉORGIE	PALAOS
AFRIQUE DU SUD	GHANA	PANAMA
ALBANIE	GRÈCE	PAPOUASIE-NOUVELLE-GUINÉE
ALGÉRIE	GUATEMALA	PARAGUAY
ALLEMAGNE	GUYANA	PAYS-BAS
ANGOLA	HAÏTI	PÉROU
ARABIE SAOUDITE	HONDURAS	PHILIPPINES
ARGENTINE	HONGRIE	POLOGNE
ARMÉNIE	ÎLES MARSHALL	PORTUGAL
AUSTRALIE	INDE	QATAR
AUTRICHE	INDONÉSIE	RÉPUBLIQUE ARABE
AZERBAÏDJAN	IRAN, RÉP. ISLAMIQUE D'	SYRIENNE
BAHAMAS	IRAQ	RÉPUBLIQUE
BAHREÏN	IRLANDE	CENTRAFRICAINE
BANGLADESH	ISLANDE	RÉPUBLIQUE DE MOLDOVA
BÉLARUS	ISRAËL	RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE
BELGIQUE	ITALIE	DU CONGO
BELIZE	JAMAÏQUE	RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE
BÉNIN	JAPON	POPULAIRE LAO
BOLIVIE, ÉTAT	JORDANIE	RÉPUBLIQUE DOMINICAINE
PLURINATIONAL DE	KAZAKHSTAN	RÉPUBLIQUE TCHÈQUE
BOSNIE-HERZÉGOVINE	KENYA	RÉPUBLIQUE-UNIE DE
BOTSWANA	KIRGHIZISTAN	TANZANIE
BRÉSIL	KOWEÏT	ROUMANIE
BRUNÉI DARUSSALAM	LESOTHO	ROYAUME-UNI
BULGARIE	LETTONIE	DE GRANDE-BRETAGNE
BURKINA FASO	L'EX-RÉPUBLIQUE YOUGOSLAVE	ET D'IRLANDE DU NORD
BURUNDI	DE MACÉDOINE	RWANDA
CAMBODGE	LIBAN	SAINT-MARIN
CAMEROUN	LIBÉRIA	SAINT-SIÈGE
CANADA	LIBYE	SÉNÉGAL
CHILI	LIECHTENSTEIN	SERBIE
CHINE	LITUANIE	SEYCHELLES
CHYPRE	LUXEMBOURG	SIERRA LEONE
COLOMBIE	MADAGASCAR	SINGAPOUR
CONGO	MALAISIE	SLOVAQUIE
CORÉE, RÉPUBLIQUE DE	MALAWI	SLOVÉNIE
COSTA RICA	MALI	SOUDAN
CÔTE D'IVOIRE	MALTE	SRI LANKA
CROATIE	MAROC	SUÈDE
CUBA	MAURICE	SUISSE
DANEMARK	MAURITANIE	SWAZILAND
DJIBOUTI	MEXIQUE	TADJIKISTAN
DOMINIQUE	MONACO	TCHAD
ÉGYPTE	MONGOLIE	THAÏLANDE
EL SALVADOR	MONTÉNÉGRO	TOGO
ÉMIRATS ARABES UNIS	MOZAMBIQUE	TRINITÉ-ET-TOBAGO
ÉQUATEUR	MYANMAR	TUNISIE
ÉRYTHRÉE	NAMIBIE	TURQUIE
ESPAGNE	NÉPAL	UKRAINE
ESTONIE	NICARAGUA	URUGUAY
ÉTATS-UNIS	NIGER	VENEZUELA,
D'AMÉRIQUE	NIGERIA	RÉP. BOLIVARIENNE DU
ÉTHIOPIE	NORVÈGE	VIET NAM
FÉDÉRATION DE RUSSIE	NOUVELLE-ZÉLANDE	YÉMEN
FIDJI	OMAN	ZAMBIE
FINLANDE	OUGANDA	ZIMBABWE
FRANCE	OUZBÉKISTAN	
GABON	PAKISTAN	

Le Statut de l'Agence a été approuvé le 23 octobre 1956 par la Conférence sur le Statut de l'AIEA, tenue au Siège de l'Organisation des Nations Unies, à New York ; il est entré en vigueur le 29 juillet 1957. L'Agence a son Siège à Vienne. Son principal objectif est « de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier ».

SÉRIE NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA N° SSG-19

STRATÉGIE NATIONALE VISANT À
LA REPRISE DE CONTRÔLE DES
SOURCES ORPHELINES ET AU
RENFORCEMENT DU CONTRÔLE
DES SOURCES VULNÉRABLES

GUIDE DE SÛRETÉ PARTICULIER

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE
VIENNE, 2015

DROIT D'AUTEUR

Toutes les publications scientifiques et techniques de l'AIEA sont protégées par les dispositions de la Convention universelle sur le droit d'auteur adoptée en 1952 (Berne) et révisée en 1972 (Paris). Depuis, le droit d'auteur a été élargi par l'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (Genève) à la propriété intellectuelle sous forme électronique. La reproduction totale ou partielle des textes contenus dans les publications de l'AIEA sous forme imprimée ou électronique est soumise à autorisation préalable et habituellement au versement de redevances. Les propositions de reproduction et de traduction à des fins non commerciales sont les bienvenues et examinées au cas par cas. Les demandes doivent être adressées à la Section d'édition de l'AIEA :

Unité de la promotion et de la vente, Section d'édition
Agence internationale de l'énergie atomique
Centre international de Vienne
B.P. 100
1400 Vienne, Autriche
télécopie : +43 1 2600 29302
téléphone : +43 1 2600 22417
courriel : sales.publications@iaea.org
<http://www.iaea.org/books>

© AIEA, 2015

Imprimé par l'AIEA en Autriche
Mai 2015
STI/PUB/1510

STRATÉGIE NATIONALE VISANT À
LA REPRISE DE CONTRÔLE DES
SOURCES ORPHELINES ET AU
RENFORCEMENT DU CONTRÔLE
DES SOURCES VULNÉRABLES
AIEA, VIENNE, 2015
STI/PUB/1510
ISBN 978-92-0-210314-6
ISSN 1020-5829

AVANT-PROPOS

de Yukiya Amano
Directeur général

De par son Statut, l'Agence a pour attribution « d'établir ou d'adopter [...] des normes de [sûreté] destinées à protéger la santé et à réduire au minimum les dangers auxquels sont exposés les personnes et les biens » – normes qu'elle doit appliquer à ses propres opérations et que les États peuvent appliquer en adoptant les dispositions réglementaires nécessaires en matière de sûreté nucléaire et radiologique. L'AIEA remplit cette mission en consultation avec les organes compétents des Nations Unies et les institutions spécialisées intéressées. Un ensemble complet de normes de grande qualité faisant l'objet d'un réexamen régulier est un élément clé d'un régime mondial de sûreté stable et durable, tout comme l'est l'assistance de l'AIEA pour l'application de ces normes.

L'AIEA a débuté son programme de normes de sûreté en 1958. L'accent ayant été mis sur la qualité, l'adéquation à l'usage final et l'amélioration constante, le recours aux normes de l'AIEA s'est généralisé dans le monde entier. La collection Normes de sûreté comprend désormais une série unifiée de principes fondamentaux de sûreté qui sont l'expression d'un consensus international sur ce qui doit constituer un degré élevé de protection et de sûreté. Avec l'appui solide de la Commission des normes de sûreté, l'AIEA s'efforce de promouvoir l'acceptation et l'application de ses normes dans le monde.

Les normes ne sont efficaces que si elles sont correctement appliquées dans la pratique. Les services de l'AIEA en matière de sûreté englobent la sûreté de la conception, du choix des sites et de l'ingénierie, la sûreté d'exploitation, la sûreté radiologique, la sûreté du transport des matières radioactives et la gestion sûre des déchets radioactifs, ainsi que l'organisation gouvernementale, les questions de réglementation, et la culture de sûreté dans les organisations. Ces services aident les États Membres dans l'application des normes et permettent de partager des données d'expérience et des idées utiles.

Réglementer la sûreté est une responsabilité nationale et de nombreux États ont décidé d'adopter les normes de l'AIEA dans leur réglementation nationale. Pour les parties aux diverses conventions internationales sur la sûreté, les normes de l'AIEA sont un moyen cohérent et fiable d'assurer un respect effectif des obligations découlant de ces conventions. Les normes sont aussi appliquées par les organismes de réglementation et les exploitants partout dans le monde pour accroître la sûreté de la production d'énergie d'origine nucléaire et des applications nucléaires en médecine et dans l'industrie, l'agriculture et la recherche.

La sûreté n'est pas une fin en soi mais est une condition sine qua non de la protection des personnes dans tous les États et de l'environnement, aujourd'hui et à l'avenir. Il faut évaluer et maîtriser les risques associés aux rayonnements ionisants sans limiter indûment le rôle joué par l'énergie nucléaire dans le développement équitable et durable. Les gouvernements, les organismes de réglementation et les exploitants, où qu'ils soient, doivent veiller à ce que les matières nucléaires et les sources de rayonnements soient utilisées de manière bénéfique, sûre et éthique. Les normes de sûreté de l'AIEA sont conçues pour faciliter cette tâche, et j'encourage tous les États Membres à les utiliser.

LES NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA

GÉNÉRALITÉS

La radioactivité est un phénomène naturel et des sources naturelles de rayonnements sont présentes dans l'environnement. Les rayonnements et les substances radioactives ont de nombreuses applications utiles, allant de la production d'électricité aux applications médicales, industrielles et agricoles. Les risques radiologiques pour les travailleurs, le public et l'environnement pouvant découler de ces applications doivent être évalués et, le cas échéant, contrôlés.

Des activités telles que les utilisations médicales des rayonnements, l'exploitation des installations nucléaires, la production, le transport et l'utilisation de matières radioactives, et la gestion de déchets radioactifs doivent donc être soumises à des normes de sûreté.

Réglementer la sûreté est une responsabilité nationale. Cependant, les risques radiologiques peuvent dépasser les frontières nationales, et la coopération internationale sert à promouvoir et à renforcer la sûreté au niveau mondial par l'échange de données d'expérience et l'amélioration des capacités de contrôle des risques afin de prévenir les accidents, d'intervenir dans les cas d'urgence et d'atténuer toute conséquence dommageable.

Les États ont une obligation de diligence et un devoir de précaution, et doivent en outre remplir leurs obligations et leurs engagements nationaux et internationaux.

Les normes de sûreté internationales aident les États à s'acquitter de leurs obligations en vertu de principes généraux du droit international, tels que ceux ayant trait à la protection de l'environnement. Elles servent aussi à promouvoir et à garantir la confiance dans la sûreté, ainsi qu'à faciliter le commerce international.

Le régime mondial de sûreté nucléaire fait l'objet d'améliorations continues. Les normes de sûreté de l'AIEA, qui soutiennent la mise en œuvre des instruments internationaux contraignants et les infrastructures nationales de sûreté, sont une pierre angulaire de ce régime mondial. Elles constituent un outil que les parties contractantes peuvent utiliser pour évaluer leur performance dans le cadre de ces conventions internationales.

LES NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA

Le rôle des normes de sûreté de l'AIEA découle du Statut, qui donne pour attributions à l'AIEA d'établir ou d'adopter, en consultation et, le cas échéant,

en collaboration avec les organes compétents des Nations Unies et avec les institutions spécialisées intéressées, des normes de sûreté destinées à protéger la santé et à réduire au minimum les dangers auxquels sont exposés les personnes et les biens, et de prendre des dispositions pour l'application de ces normes.

Afin d'assurer la protection des personnes et de l'environnement contre les effets dommageables des rayonnements ionisants, les normes de sûreté de l'AIEA établissent des principes de sûreté fondamentaux, des prescriptions et des mesures pour contrôler l'exposition des personnes et le rejet de matières radioactives dans l'environnement, pour restreindre la probabilité d'événements qui pourraient entraîner la perte du contrôle du cœur d'un réacteur nucléaire, d'une réaction nucléaire en chaîne, d'une source radioactive ou de tout autre source de rayonnements, et pour atténuer les conséquences de tels événements s'ils se produisent. Les normes s'appliquent aux installations et aux activités qui donnent lieu à des risques radiologiques, y compris les installations nucléaires, à l'utilisation des rayonnements et des sources radioactives, au transport des matières radioactives et à la gestion des déchets radioactifs.

Les mesures de sûreté et les mesures de sécurité¹ ont en commun l'objectif de protéger les vies et la santé humaines ainsi que l'environnement. Ces mesures doivent être conçues et mises en œuvre de manière intégrée de sorte que les mesures de sécurité ne portent pas préjudice à la sûreté et que les mesures de sûreté ne portent pas préjudice à la sécurité.

Les normes de sûreté de l'AIEA sont l'expression d'un consensus international sur ce qui constitue un degré élevé de sûreté pour la protection des personnes et de l'environnement contre les effets dommageables des rayonnements ionisants. Elles sont publiées dans la collection Normes de sûreté de l'AIEA, qui est constituée de trois catégories (voir la figure 1).

Fondements de sûreté

Les fondements de sûreté présentent les objectifs et les principes de protection et de sûreté qui constituent la base des prescriptions de sûreté.

Prescriptions de sûreté

Un ensemble intégré et cohérent de prescriptions de sûreté établit les prescriptions qui doivent être respectées pour assurer la protection des personnes et de l'environnement, actuellement et à l'avenir. Les prescriptions sont régies par les objectifs et principes présentés dans les fondements de sûreté. S'il n'y est pas satisfait, des mesures doivent être prises pour atteindre ou rétablir le niveau de sûreté requis. La présentation et le style des prescriptions facilitent leur utilisation pour l'établissement, de manière harmonisée, d'un cadre

¹ Voir aussi les publications parues dans la collection Sécurité nucléaire de l'AIEA.

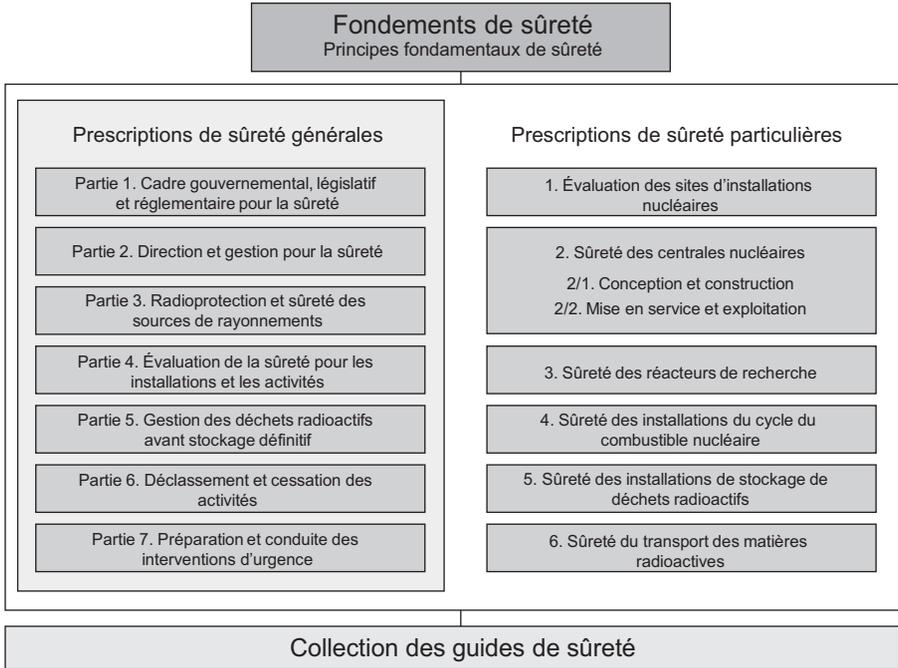


FIG. 1. Structure à long terme de la collection Normes de sûreté de l'AIEA.

réglementaire national. Ces prescriptions, notamment les prescriptions globales numérotées, sont rédigées au présent de l'indicatif. De nombreuses prescriptions ne s'adressent pas à une partie en particulier, ce qui signifie que la responsabilité de leur application revient à toutes les parties concernées.

Guides de sûreté

Les guides de sûreté contiennent des recommandations et des orientations sur la façon de se conformer aux prescriptions de sûreté, traduisant un consensus international selon lequel il est nécessaire de prendre les mesures recommandées (ou des mesures équivalentes). Ces guides présentent les bonnes pratiques internationales et reflètent de plus en plus les meilleures d'entre elles pour aider les utilisateurs à atteindre des niveaux de sûreté élevés. Les recommandations qu'ils contiennent sont énoncées au conditionnel.

APPLICATION DES NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA

Les principaux utilisateurs des normes de sûreté dans les États Membres de l'AIEA sont les organismes de réglementation et d'autres autorités nationales pertinentes. Les normes de sûreté de l'AIEA sont aussi utilisées par les organismes de parrainage et par de nombreux organismes qui conçoivent, construisent et exploitent des installations nucléaires, ainsi que par les utilisateurs de rayonnements et de sources radioactives.

Les normes de sûreté de l'AIEA sont applicables, selon que de besoin, pendant la durée de vie de toutes les installations et activités, existantes et nouvelles, utilisées à des fins pacifiques ainsi qu'aux mesures de protection visant à réduire les risques radiologiques existants. Les États peuvent les utiliser comme référence pour la réglementation nationale concernant les installations et les activités.

En vertu de son Statut, l'AIEA est tenue d'appliquer les normes de sûreté à ses propres opérations et les États doivent les appliquer aux opérations pour lesquelles l'AIEA fournit une assistance.

Les normes de sûreté sont aussi utilisées par l'AIEA comme référence pour ses services d'examen de la sûreté, ainsi que pour le développement des compétences, y compris l'élaboration de programmes de formation théorique et de cours pratiques.

Les conventions internationales contiennent des prescriptions semblables à celles des normes de sûreté qui sont juridiquement contraignantes pour les parties contractantes. Les normes de sûreté de l'AIEA, complétées par les conventions internationales, les normes industrielles et les prescriptions nationales détaillées, constituent une base cohérente pour la protection des personnes et de l'environnement. Il y a aussi des aspects particuliers de la sûreté qui doivent être évalués à l'échelle nationale. Par exemple, de nombreuses normes de sûreté de l'AIEA, en particulier celles portant sur les aspects de la sûreté relatifs à la planification ou à la conception, sont surtout applicables aux installations et activités nouvelles. Les prescriptions établies dans les normes de sûreté de l'AIEA peuvent n'être pas pleinement satisfaites par certaines installations existantes construites selon des normes antérieures. Il revient à chaque État de déterminer le mode d'application des normes de sûreté de l'AIEA dans le cas de telles installations.

Les considérations scientifiques qui sous-tendent les normes de sûreté de l'AIEA constituent une base objective pour les décisions concernant la sûreté ; cependant, les décideurs doivent également juger en connaissance de cause et déterminer la meilleure manière d'équilibrer les avantages d'une mesure ou d'une activité par rapport aux risques radiologiques et autres qui y sont associés ainsi qu'à tout autre impact négatif qui en découle.

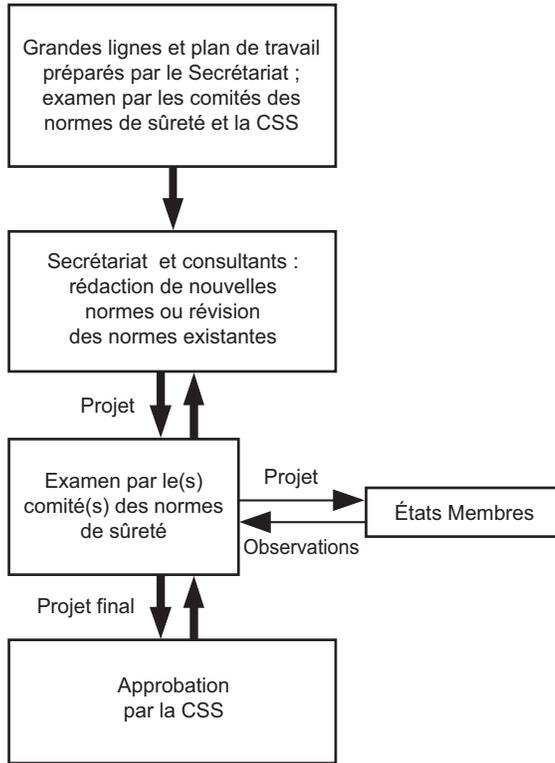


FIG. 2. Processus d'élaboration d'une nouvelle norme de sûreté ou de révision d'une norme existante.

PROCESSUS D'ÉLABORATION DES NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA

La préparation et l'examen des normes de sûreté sont l'œuvre commune du Secrétariat de l'AIEA et de quatre comités – le Comité des normes de sûreté nucléaire (NUSSC), le Comité des normes de sûreté radiologique (RASSC), le Comité des normes de sûreté des déchets (WASSC), le Comité des normes de sûreté du transport (TRANSSC) – et de la Commission des normes de sûreté (CSS), qui supervise tout le programme des normes de sûreté (voir la figure 2).

Tous les États Membres de l'AIEA peuvent nommer des experts pour siéger dans ces comités et présenter des observations sur les projets de normes. Les membres de la Commission des normes de sûreté sont nommés par le Directeur général et comprennent des responsables de la normalisation au niveau national.

Un système de gestion a été mis en place pour la planification, l'élaboration, le réexamen, la révision et l'établissement des normes de sûreté de l'AIEA. Il structure le mandat de l'AIEA, la vision de l'application future des normes, politiques et stratégies de sûreté, et les fonctions et responsabilités correspondantes.

INTERACTION AVEC D'AUTRES ORGANISATIONS INTERNATIONALES

Les conclusions du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) et les recommandations d'organismes internationaux spécialisés, notamment de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), sont prises en compte lors de l'élaboration des normes de sûreté de l'AIEA. Certaines normes de sûreté sont élaborées en collaboration avec d'autres organismes des Nations Unies ou d'autres organisations spécialisées, dont l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, l'Organisation internationale du Travail, l'Organisation mondiale de la santé, l'Organisation panaméricaine de la santé et le Programme des Nations Unies pour l'environnement.

INTERPRÉTATION DU TEXTE

Les termes relatifs à la sûreté ont le sens donné dans le Glossaire de sûreté de l'AIEA (<http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>). Pour les guides de sûreté, c'est la version anglaise qui fait foi.

Le contexte de chaque volume de la collection Normes de sûreté de l'AIEA et son objectif, sa portée et sa structure sont expliqués dans le chapitre premier (introduction) de chaque publication.

Les informations qui ne trouvent pas leur place dans le corps du texte (par exemple celles qui sont subsidiaires ou séparées du corps du texte, sont incluses pour compléter des passages du texte principal ou décrivent des méthodes de calcul, des procédures ou des limites et conditions) peuvent être présentées dans des appendices ou des annexes.

Lorsqu'une norme comporte un appendice, celui-ci est réputé faire partie intégrante de la norme. Les informations données dans un appendice ont le même statut que le corps du texte et l'AIEA en assume la paternité. Les annexes et notes de bas de page du texte principal ont pour objet de donner des exemples concrets ou des précisions ou explications. Elles ne sont pas considérées comme faisant partie intégrante du texte principal. Les informations contenues dans les

annexes n'ont pas nécessairement l'AIEA pour auteur ; les informations publiées par d'autres auteurs figurant dans des normes de sûreté peuvent être présentées dans des annexes. Les informations provenant de sources extérieures présentées dans les annexes sont adaptées pour être d'utilité générale.

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
	Contexte (1.1-1.7)	1
	Objectif (1.8)	4
	Champ d'application (1.9-1.10)	5
	Structure (1.11)	5
2.	ÉVALUATION DU PROBLÈME	6
	Généralités (2.1-2.12)	6
	Niveau actuel et passé des contrôles réglementaires (2.13-2.18)	10
	Qualité du registre des sources (2.19-2.24)	12
	Utilisations actuelles des sources (2.25-2.29)	14
	Anciens sites militaires (2.30)	15
	Sources utilisées préalablement à la mise en œuvre du contrôle réglementaire (2.31-2.35)	16
	Importations et exportations de sources (2.36-2.41)	17
	Trafic illicite (2.42-2.47)	19
	Partenaires commerciaux (2.48-2.50)	21
	Recyclage du métal (2.51-2.57)	22
	Sources retirées du service (2.58-2.63)	24
	Sources perdues et détectées connues (2.64-2.67)	25
	Incidents (2.68-2.70)	27
	Sites de conflits et de catastrophes naturelles (2.71-2.73)	27
	Sécurité des sources (2.74-2.76)	28
3.	ÉLABORATION DE LA STRATÉGIE NATIONALE	29
	Généralités (3.1-3.2)	29
	Conception de solutions (3.3-3.7)	30
	Définition des actions par ordre de priorité (3.8-3.15)	30
4.	MISE EN ŒUVRE DE LA STRATÉGIE NATIONALE	33
	Généralités (4.1)	33
	Décision de démarrage (4.2)	33
	Mise en œuvre du plan d'action (4.3-4.4)	33
	Évaluation de l'efficacité et mise à jour du plan d'action (4.5-4.6) ..	34

APPENDICE I : FORMAT ET CONTENU DU DOCUMENT DE STRATÉGIE NATIONALE	35
APPENDICE II : RECHERCHE DE SOURCES	38
RÉFÉRENCES	57
ANNEXE I : CAUSES DE PERTE DE CONTRÔLE DES SOURCES RADIOACTIVES	61
ANNEXE II : PROBLÈMES COURANTS ET SOLUTIONS POSSIBLES RECENSÉS LORS DE MISSIONS DE L’AIEA POUR AIDER À LA MISE AU POINT DE STRATÉGIES NATIONALES	91
PERSONNES AYANT COLLABORÉ À LA RÉDACTION ET À L’EXAMEN	99
ORGANES D’APPROBATION DES NORMES DE SÛRETÉ DE L’AIEA	101

1. INTRODUCTION

CONTEXTE

1.1. Les techniques qui font appel à des sources radioactives sont utilisées à diverses fins dans le monde entier. L'utilisation de sources radioactives profite à l'agriculture, l'industrie, la médecine, l'industrie minière, la recherche et l'enseignement. Dans l'ensemble, le bilan de sécurité des sources radioactives utilisées est bon. Toutefois une absence de contrôles appropriés ou un contournement des contrôles existants a parfois eu pour résultat que des sources sont devenues orphelines ou vulnérables, ce qui a entraîné de graves accidents radiologiques et eu des conséquences environnementales, sociales et économiques néfastes [1-6].

1.2. Une source orpheline est une source radioactive qui n'est pas sous contrôle réglementaire, soit parce qu'elle ne l'a jamais été, soit parce qu'elle a été abandonnée, perdue, égarée, volée ou transférée à un autre endroit sans autorisation préalable. Une source vulnérable est une source radioactive qui n'est pas suffisamment contrôlée pour garantir la sûreté et la sécurité à long terme, ce qui la rend assez facilement accessible à des personnes non habilitées [7]. La série d'accidents impliquant ce type de sources a provoqué des inquiétudes au niveau international et les attaques du 11 septembre 2001 ont renforcé les craintes que ces sources puissent être acquises et utilisées à des fins malveillantes. Ces craintes ont poussé de nombreux États à se préoccuper des problèmes de contrôle des sources radioactives et l'AIEA à lancer un programme de travail sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives. Les actes de diverses conférences internationales de l'AIEA sur le sujet [8-11] permettent de mesurer les progrès accomplis dans ces domaines.

1.3. La publication Fondements de sûreté, Principes fondamentaux de sûreté [12], définit l'objectif fondamental de sûreté et dix principes fondamentaux de sûreté. L'objectif fondamental de sûreté, « protéger les personnes et l'environnement contre les effets nocifs des rayonnements ionisants », s'applique

à toutes les circonstances entraînant des risques radiologiques¹. Le principe 7 stipule que « les générations et l'environnement, actuels et futurs, doivent être protégés contre les risques radiologiques ». Les conditions requises pour protéger les personnes et l'environnement des effets nocifs des rayonnements ionisants et qui permettent de définir et d'assurer le contrôle des sources radioactives sont définies dans les Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements [13] (en cours de révision) et dans la publication Normes de sûreté, Cadre gouvernemental, législatif et réglementaire de la sûreté [14]. En particulier :

- La prescription 9 de la référence [14] demande aux États de définir un « système d'actions protectrices visant à réduire les risques radiologiques indus, associés aux sources non réglementées ». Le paragraphe 2.25 apporte des précisions sur ce point : « Si un accident, une pratique ancienne ou un contrôle insuffisant d'une source radioactive ou d'une source naturelle entraînent des risques radiologiques inacceptables, le gouvernement désigne des organismes qui devront prendre les dispositions nécessaires pour protéger les travailleurs, le public et l'environnement. L'organisme qui engage les actions protectrices a accès aux ressources nécessaires pour s'acquitter de sa tâche ».
- Le paragraphe 2.11 de la référence [13] requiert que « la personne physique ou morale responsable d'une source scellée, d'une source non scellée ou d'un générateur de rayonnements demande à l'organisme de réglementation une autorisation qui prend la forme d'un enregistrement ou d'une licence, à moins que la source ne soit exemptée ».
- Le paragraphe 2.34 de la référence [13] requiert en autres que les « sources [soient] mises en sécurité de façon à éviter qu'elles ne soient volées ou endommagées et à empêcher toute personne physique ou morale d'entreprendre l'une quelconque des actions visées dans

¹ L'expression « risques radiologiques » est utilisée dans un sens général et se réfère :

- aux effets sanitaires néfastes de l'exposition aux rayonnements (y compris à la probabilité que de tels effets se produisent) ;
- à tous les autres risques de sûreté associés (y compris les risques pour les écosystèmes de l'environnement) susceptibles d'être une conséquence directe :
 - d'une exposition à des rayonnements ;
 - de la présence de matières radioactives (y compris des déchets radioactifs) ou de leur rejet dans l'environnement ;
 - d'une perte de contrôle du cœur d'un réacteur nucléaire, d'une réaction nucléaire en chaîne, d'une source radioactive ou de toute autre source de rayonnements.

les Normes sous Obligations générales pour les pratiques (voir paragraphes 2.7 à 2.9 de la référence [13]), en garantissant :

« a) que le contrôle d'une source ne cesse pas sans que toutes les prescriptions pertinentes spécifiées dans l'enregistrement ou la licence soient respectées, et que des informations concernant toute source qui n'est plus soumise à un contrôle ou qui est perdue, volée ou égarée, soient communiquées immédiatement à l'organisme de réglementation et, s'il y a lieu, à l'organisation de parrainage compétente ; b) qu'une source ne soit transférée que si le destinataire possède une autorisation valide. »

- Le paragraphe 3.10 de la référence [13] requiert que « les organismes d'intervention compétents établissent un ou plusieurs plans généraux pour la coordination et la mise en œuvre des actions requises afin d'appuyer les actions protectrices menées dans le cadre des plans d'urgence des titulaires d'enregistrements ou de licences, ainsi que dans les autres situations qui peuvent nécessiter une intervention rapide. Les situations en question sont notamment celles qui mettent en cause des sources d'exposition, telles que des sources introduites illégalement dans le pays, des débris de satellites équipés de sources ou de matières radioactives rejetées lors d'accidents survenus hors des frontières nationales ».

1.4. Le Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives (Code de conduite) [15], qui constitue une action volontaire destinée à aider les autorités nationales à s'assurer que les sources radioactives sont utilisées dans un cadre approprié de sûreté et de sécurité des rayonnements, définit des mesures pour atteindre et maintenir un niveau élevé de sûreté et de sécurité des sources radioactives susceptibles de représenter un risque important. Selon le principe fondamental 7 de la référence [15], « Chaque État devrait, afin de protéger les personnes, la société et l'environnement, prendre les mesures appropriées qui sont nécessaires pour faire en sorte que : a) les sources radioactives qui se trouvent sur son territoire, ou sous sa juridiction ou son contrôle, soient gérées de façon sûre et sécurisées durant leur vie utile et au terme de celle-ci ». Selon le principe fondamental 8 de la référence [15], « Chaque État devrait avoir mis en place à l'échelle nationale un système législatif et réglementaire efficace pour le contrôle de la gestion et de la protection des sources radioactives. Un tel système devrait : [...] b) réduire le plus possible la probabilité d'une perte de contrôle ; c) comporter des stratégies nationales pour prendre ou reprendre le contrôle des sources orphelines ».

1.5. Ce guide de sûreté fournit des recommandations de méthode pour définir une stratégie nationale permettant de reprendre le contrôle des sources orphelines et de renforcer le contrôle des sources vulnérables. Une stratégie bien conçue

et adaptée à la situation nationale permettra une utilisation optimale des ressources pour garantir en priorité la reprise du contrôle sur les sources les plus dangereuses. On part du principe que le gouvernement confiera la responsabilité de définir et de mettre en œuvre des activités décrites dans le présent guide de sécurité à un ou plusieurs organismes appropriés, tel qu'à un organisme de réglementation, à des organismes de support technique, ministères, agences ou autres organismes gouvernementaux, responsables de domaines spécifiques tels que la santé, l'environnement, l'industrie, le recyclage du métal, les mines et l'agriculture, à des autorités régionales ou locales, à des agences responsables de l'application des lois – notamment les douanes et les autorités frontalières –, à des services de renseignement, des instituts scientifiques et de recherche. On présume que les organismes désignés assureront la coordination et la liaison avec les autres organisations appropriées comme il se doit pour garantir une mise en œuvre efficace de la stratégie.

1.6. Ce guide de sûreté est complété par les Normes de sûreté de l'AIEA et les publications annexes de l'AIEA sur l'infrastructure réglementaire, les interventions d'urgence, la sécurité, le trafic illicite et la surveillance des frontières et la gestion des sources retirées du service [14, 18, 22, 25, 29, 42-44, 48]. Dans la mesure où ce guide de sûreté est centré sur l'élaboration et la mise en œuvre d'une stratégie nationale en vue d'actions correctives, il est à prévoir que la définition d'une telle stratégie révèle les faiblesses existantes dans le contrôle national des sources et dévoile les moyens d'empêcher de nouvelles sources de devenir orphelines.

1.7. Les expressions utilisées dans la présente publication figurant dans le Glossaire de sûreté de l'AIEA [7] ont ici la même signification.

OBJECTIF

1.8. L'objectif de ce guide de sûreté est de proposer une méthodologie permettant de définir une stratégie nationale pour reprendre le contrôle des sources orphelines et pour renforcer le contrôle des sources vulnérables, afin de satisfaire aux critères de sûreté définis dans les normes de sûreté correspondantes de l'AIEA [13, 14]. Le présent guide de sûreté fournit des recommandations et des orientations permettant d'évaluer la situation nationale de façon systématique, ainsi que des recommandations pour élaborer et mettre en œuvre une stratégie nationale définissant les priorités permettant d'atteindre ces objectifs.

CHAMP D'APPLICATION

1.9. Le présent guide de sûreté décrit les actions à entreprendre par les gouvernements et les organismes gouvernementaux pour définir une stratégie nationale visant à reprendre le contrôle des sources orphelines et à renforcer le contrôle des sources vulnérables. Il recommande la mise en œuvre d'une approche graduée qui tienne compte de la catégorie de la source [16].

1.10. Les matières nucléaires, telles qu'elles sont définies dans la Convention sur la protection physique des matières nucléaires [17], ne tombent pas dans le champ d'application de ce guide de sûreté, hormis les sources radioactives comportant du Pu²³⁹. De même, le présent guide de sûreté ne traite pas les sources radioactives utilisées dans les applications militaires. En revanche, il s'applique aux sources radioactives anciennement utilisées dans le cadre d'applications militaires susceptibles d'avoir été abandonnées.

STRUCTURE

1.11. Chacune des trois phases principales de la méthodologie d'élaboration d'une stratégie nationale est traitée dans une section distincte. La section 2 fournit des recommandations sur le processus d'évaluation. Elle aborde la décision de l'étendue de la stratégie, la collecte des informations nécessaires et la définition de la nature et de l'étendue du problème. La section 3 fournit des recommandations sur la conception de la stratégie et traite de la définition et de la gestion des priorités des actions à entreprendre pour aboutir à des solutions. La section 4 fournit des recommandations sur la mise en œuvre de la stratégie et passe les points suivants en revue : obtention de l'engagement et des ressources nécessaires, mise en œuvre de solutions, puis évaluation de l'impact de la stratégie. L'appendice I fournit un exemple du format et du contenu d'un plan d'action dans le cadre d'une stratégie nationale ; l'appendice II fournit de plus amples informations en matière de recherche de sources. L'annexe I fournit des exemples provenant de différents États Membres sur les causes de la perte de contrôle de sources radioactives, tandis que l'annexe II évoque les problèmes et les solutions types auxquels on est confronté lors du contrôle des sources radioactives.

2. ÉVALUATION DU PROBLÈME

GÉNÉRALITÉS

2.1. La phase d'évaluation de l'élaboration d'une stratégie nationale visant à reprendre le contrôle de sources orphelines et à renforcer le contrôle des sources vulnérables suppose de respecter les étapes suivantes :

- définir le champ d'application de la stratégie ;
- collecter des informations précises sur tous les aspects du niveau actuel et passé du contrôle réglementaire des sources radioactives ;
- repérer les problèmes existants et susceptibles de survenir (analyse des lacunes).

Ces trois points sont développés aux paragraphes 2.2 à 2.12. S'ensuivent des recommandations sur la collecte et l'évaluation des informations de façon systématique dans les différents domaines-clés.

2.2. L'évaluation est vouée à être répétitive au fur et à mesure que des changements surviennent dans l'État et une forme d'évaluation est constamment nécessaire. Un certain nombre de décisions est inhérent à l'évaluation, notamment lors de la définition du champ d'application de l'évaluation, du traitement des risques identifiés qui requièrent une action urgente et lors de la modification de cette évaluation à la lumière de l'expérience. Toutefois, la fonction principale de l'évaluation est de collecter des données sur la situation présente, pour pouvoir les évaluer et faire des propositions d'amélioration.

Décisions relatives au champ d'application

2.3. Le champ d'application de l'évaluation doit être défini pour circonscrire les principaux domaines où les données seront ensuite collectées. Dans la plupart des cas, il faut se concentrer au moins sur les sources capables d'avoir des effets déterministes graves sur la santé humaine si elles ne sont pas contrôlées. Ce type de sources est répertorié dans les catégories 1, 2 et 3 des Normes de sûreté en matière de catégorisation des sources radioactives [16] et comprend des agrégats de sources de petites tailles, que l'on peut catégoriser en fonction des taux d'activité cumulés. Toutefois, on peut aussi décider de se concentrer sur d'autres aspects. Une stratégie nationale initiale peut porter sur l'un ou plusieurs des éléments suivants :

- un type ou un usage particulier de sources (par exemple l’usage mobile de sources radioactives, notamment de sources de radiographie industrielles ; celles-ci peuvent prendre de l’importance en raison de la fréquence des accidents provoqués par la perte de contrôle de telles sources) ;
- un secteur industriel particulier où des problèmes ont été constatés (par exemple collecte et recyclage de déchets métalliques ; ceci peut être justifié par la fréquence des événements liés à la fonte accidentelle d’une source et des dommages qui en résultent pour l’économie et la société) ;
- une région ou une zone géographique particulière (soit en raison de l’importance de la région sur le plan national, soit parce que dans le passé de moindres ressources étaient allouées aux contrôles réglementaires dans cette région) ;
- un aspect particulier du contrôle des sources radioactives, telles que les importations ou les exportations des sources radioactives ;
- les sources utilisées préalablement à la mise en place d’un système de contrôle national ;
- les secteurs industriels sensibles au ralentissement de l’activité économique et aux autres facteurs du marché, ce qui pourrait entraîner l’arrêt brutal de l’utilisation d’un type particulier de source ;
- un secteur d’utilisation important pour l’économie du pays.

En outre, des informations provenant d’organismes nationaux chargés d’effectuer des évaluations de menaces peuvent révéler des types particuliers de sources radioactives susceptibles d’être vulnérables et requérant une attention particulière dans le cadre d’une stratégie nationale.

2.4. Le champ d’application de l’évaluation est susceptible d’être modifié à chaque nouvelle évaluation dans le cadre de la stratégie nationale. Même si les aspects auxquels il faut accorder une plus grande attention peuvent être évidents, dans certains cas, il faut procéder à une analyse précise, par exemple en collectant des données préliminaires, afin de déterminer l’objectif précis. Qu’elle que soit l’orientation choisie, la définition du champ d’application et les raisons qui y ont conduit doivent être dûment documentées.

2.5. On ne peut trop souligner l’importance de définir le champ d’application qui convient. Il faut effectuer une évaluation correcte des ressources disponibles tant pour l’élaboration que pour la mise en œuvre d’une stratégie nationale, faute de quoi l’efficacité du processus se trouverait compromise. Certains États peuvent consacrer des efforts considérables à l’élaboration d’une stratégie nationale globale. Toutefois, un grand nombre d’États ne disposeront sans doute que d’un nombre limité de personnes qualifiées susceptibles d’être

détournées de leurs activités habituelles. Dans ces circonstances, les ressources disponibles doivent être affectées à l'élaboration d'une stratégie nationale initiale centrée sur des problèmes précis et définissant des actions par ordre de priorité en fonction des conditions passées et présentes. Ces États devront procéder à des réévaluations à intervalles réguliers, sur une période de temps relativement longue, étant donné que la stratégie nationale devra être mise en jour à mesure de l'exécution des points à l'ordre du jour et en fonction de l'évolution des conditions. Chaque évaluation devra tenir compte du travail effectué lors des évaluations précédentes.

2.6. Une fois le champ d'application de l'évaluation défini, un programme de travail devra être élaboré et clairement indiquer les responsabilités et les délais prévus pour chaque tâche.

Collecte d'informations nationales spécifiques

2.7. Dans le cadre de l'évaluation, des données doivent être collectées sur des sources, tant sur celles dont on est certain qu'elles sont présentes dans l'État que sur celles susceptibles de l'être. Il est impossible d'évaluer le risque émanant des sources orphelines ou vulnérables si l'on ne dispose d'informations sur les sources susceptibles d'être présentes dans l'État. Évaluer le risque lié aux sources orphelines suppose d'évaluer tant la présence éventuelle de sources orphelines que les risques éventuels liés à ces sources. Le processus d'évaluation doit également étudier le risque que des sources vulnérables, actuellement sous contrôle, deviennent orphelines, et envisager que des sources orphelines puissent être introduites dans l'État depuis un État tiers.

2.8. Trois aspects importants de la collecte d'informations doivent être pris en compte, à savoir :

- *Quelles* informations sont nécessaires ?
- *Où* peut-on se les procurer ?
- *Comment* peut-on les obtenir ?

Le principal objectif de la section 2 de ce guide de sûreté est de fournir des recommandations sur *le type* d'informations nécessaires. L'appendice II fournit des conseils sur les sources possibles d'informations (*où*) et sur les méthodes (*comment*) dans le contexte plus large de recherche des sources.

La figure 1 illustre la saisie de données importantes au cours de la phase de collecte et d'évaluation des informations, chacune d'elles faisant l'objet d'un traitement particulier dans la section 2 de ce guide de sûreté.

Repérer les problèmes existants et potentiels

2.9. Les problèmes existants et potentiels doivent être repérés au cours de la collecte des données. C'est à travers les questions posées et leurs réponses que les lacunes dans les informations et les problèmes apparaîtront.

2.10. Pour évaluer la nature et l'ampleur des problèmes liés au contrôle des sources radioactives, on comparera la situation réelle à la situation idéale. On peut définir la situation idéale comme une conformité parfaite et en tous points avec les lois et les réglementations nationales, ainsi qu'avec les normes et les orientations internationales [12-14, 18-25]. Le Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives [15] ainsi que les Orientations pour l'importation et l'exportation de sources radioactives [26] complémentaires

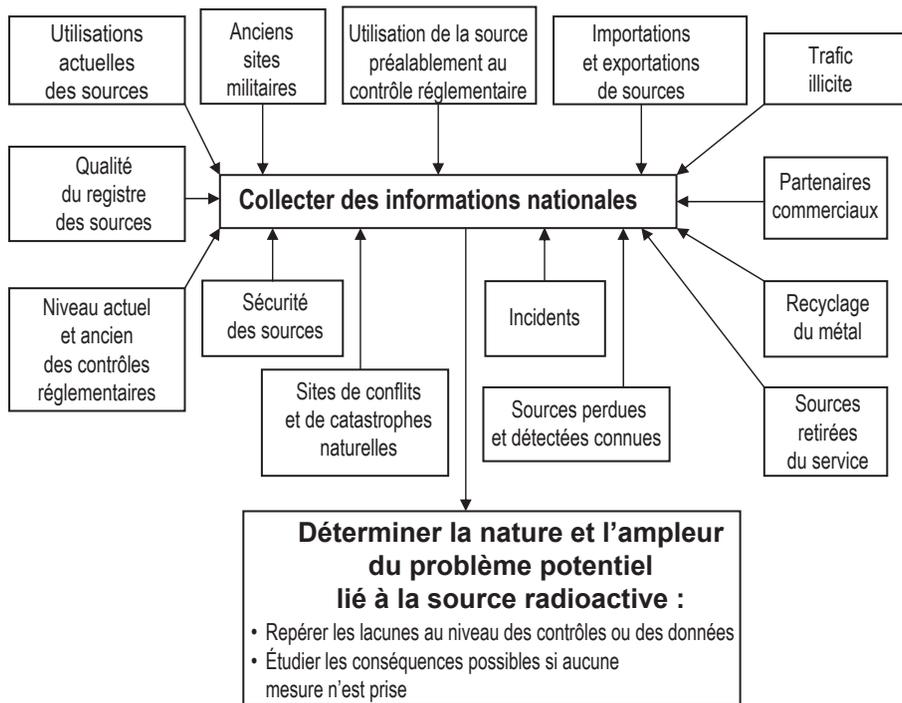


FIG. 1. Évaluation du problème.

sont des documents particulièrement utiles à cet égard parce qu'ils fournissent les principes et les orientations de base spécifiques aux sources radioactives.

2.11. Dans le cadre du processus d'évaluation, on déterminera si les écarts constatés par rapport aux normes requièrent une action immédiate. Cette décision sera fonction des conséquences potentielles du problème. Elles dépendront principalement de la catégorie de la source impliquée. Par exemple, la perte d'une source individuelle de catégorie 1, 2 ou 3 dans une ville nécessiterait une action immédiate. D'autre part, un inventaire incomplet des jauges fixes présentes sur un certain site industriel au sein du registre national nécessiterait une action correctrice, mais ce problème ayant peu de chance d'entraîner une situation de danger immédiat, il aurait une moindre priorité.

2.12. Les personnes chargées de l'élaboration d'une stratégie nationale doivent être informées de la façon dont le contrôle des sources radioactives dans un État doit être effectué et elles doivent avoir suffisamment d'expérience pour être en mesure de hiérarchiser les écarts et les problèmes repérés. Si un État ne dispose pas de tels experts, il faut demander une mission d'étude par des experts étrangers pour obtenir l'assistance nécessaire.

NIVEAU ACTUEL ET PASSÉ DES CONTRÔLES RÉGLEMENTAIRES

2.13. L'évaluation de la situation nationale doit commencer par un examen du niveau présent et passé des contrôles réglementaires des sources radioactives. La référence [14] définit les conditions nécessaires en matière d'infrastructure réglementaire efficace, notamment : législation et règlements, présence d'un organisme réglementaire chargé d'autoriser et d'inspecter les activités réglementées et de faire appliquer la législation et les réglementations, ressources suffisantes et nombre adéquat de personnes formées. Les besoins supplémentaires en matière d'infrastructure réglementaire sont définis dans la référence [13] et des orientations sont proposées dans le Code de conduite [15].

2.14. Lors de l'analyse de l'infrastructure réglementaire, il faut faire particulièrement attention aux éléments influant directement sur le risque de perte de contrôle des sources, et notamment à ceux figurant dans les catégories à haut risque. Une liste non exhaustive de ces éléments inclut l'octroi de licences, l'inspection, l'importation, l'exportation, la possession, l'utilisation et le stockage définitif des sources.

2.15. Des sources radioactives auront été utilisées dans de nombreux États avant que l'infrastructure réglementaire actuelle ne soit mise en place. En outre, les infrastructures réglementaires changent souvent. Ainsi, le risque de perte de contrôle d'une source est fonction non seulement de l'histoire de son utilisation, mais également du statut de l'infrastructure réglementaire dans le passé.

2.16. Il faut étudier la qualité des autorisations et des inventaires en place et la fréquence et la qualité des inspections passées, dans la mesure où elles seront révélatrices du niveau de confiance que l'on peut avoir dans le contrôle réglementaire des sources à telle ou telle période.

2.17. L'étude des contrôles réglementaires effectués dans le passé peut être rendue difficile par le manque de documents datant de l'époque considérée et par la difficulté de trouver des personnes susceptibles d'aider à décrire les anciennes procédures et priorités. L'étude historique doit tenter de découvrir ce que l'on connaissait des inventaires de sources et de leur utilisation à l'époque, sachant que ces informations seront probablement difficiles à trouver. L'étude historique devrait viser à mettre en lumière les pertes effectives et probables de contrôle des sources, ainsi que les causes possibles. L'étude de l'infrastructure actuelle donne une idée du niveau de fiabilité de la sûreté et la sécurité des sources existantes et peut révéler des domaines à vérifier ou à modifier.

2.18. Les problèmes types relatifs aux lacunes dans les contrôles sont les suivants :

- absence de lois et de réglementations appropriées garantissant le contrôle des sources radioactives ;
- absence d'indépendance véritable de l'organisme de réglementation lors de la conduite de ses activités ;
- organisme de réglementation doté de ressources insuffisantes et d'un nombre insuffisant de personnes formées ;
- processus inadapté d'autorisations, d'octroi de licences ou d'enregistrement des sources radioactives ;
- registre national des sources inexistant, non exhaustif ou mal tenu (voir paragraphes 2.19 à 2.24) ;
- absence d'autorisation ou de licence pour des sources radioactives gouvernementales ;
- inspection, application et suivi inadéquat ;
- absence de sanctions et de mesures dissuasives ;
- structure de frais d'enregistrement encourageant des comportements indésirables de la part des utilisateurs ; par exemple, imposer des frais

d'enregistrement élevés aux utilisateurs qui sont simples détenteurs d'une source retirée du service peut les inciter à renoncer à demander des autorisations pour ce type de sources ;

- hiérarchisation des ressources en fonction des régions géographiques, politiques ou de l'utilisation, plutôt qu'en fonction des catégories des sources.

QUALITÉ DU REGISTRE DES SOURCES

2.19. Il faut soigneusement vérifier l'état et la qualité du registre national des sources radioactives, qui sera un indicateur essentiel quant à l'existence probable de problèmes impliquant des sources orphelines ou vulnérables. S'il n'existe pas de registre des sources ou s'il s'avère incomplet, son établissement ou son amélioration revêtira une priorité maximale dans le cadre de la stratégie nationale à développer. Pour ce faire, les sources d'information suivantes seront consultées :

- inventaires de sources établis par les utilisateurs ou par d'autres personnes susceptibles d'entreposer des sources ;
- dossiers des fabricants, distributeurs de sources et des prestataires de services ;
- archives des sociétés de transport routier ou maritime, y compris les déclarations de douane ;
- rapports d'inspection d'une autorité quelconque ayant inspecté une installation particulière pour quelque raison que ce soit ;
- rapports et notifications d'incidents ;
- archives d'octrois de licences, y compris les notifications et demandes d'autorisation originales.

2.20. En dehors de la recherche d'informations contenues dans des dossiers existants, il existe d'autres méthodes de collecte de données pour un registre des sources. Plusieurs de ces dernières sont présentées en détail dans l'appendice II.

2.21. Même si un registre national des sources est disponible, il peut tout à fait être incomplet, ce qui peut vouloir dire que des sources orphelines sont présentes dans l'État. C'est pourquoi un registre de sources existant doit être examiné de façon critique pour contrôler sa qualité, sa plausibilité et sa cohérence interne. Citons quelques questions à prendre en compte dans cette évaluation :

- Tous les types de sources utilisées dans le cadre des activités industrielles et médicales, supposées ou connues, dans l'État apparaissent-ils dans le registre ?
- Les radionucléides et activités répertoriés correspondent-ils à l'utilisation de la source ? (Le tableau 2 de l'appendice I dans la référence [16], qui indique l'éventail type des activités utilisées dans différentes applications, peut s'avérer utile dans le cadre de cet examen.)
- Les entreprises ou utilisateurs potentiels d'une pratique particulière figurent-ils tous dans le registre ?

2.22. Lors de la création d'un registre national des sources, ou de l'évaluation de l'exhaustivité ou de la précision d'un registre, il faut garantir en priorité que les sources dangereuses (de catégorie 1, 2 et 3) sont mises sous contrôle, même si les ressources disponibles sont souvent limitées. Les sources classées dans des catégories inférieures doivent être traitées une fois les sources de plus haute activité mises sous contrôle. Toutefois, quand des données sur des sources de catégorie moins prioritaire sont disponibles ou trouvées, il faut les consigner dans le registre des sources en même temps que des données sur des sources dangereuses. Le Code de conduite [15] donne également des indications à cet égard : « Chaque État devrait établir un registre national des sources radioactives. Dans ce dernier devraient être consignées au minimum les sources radioactives de catégorie 1 et 2 telles qu'elles sont décrites dans l'annexe I au présent code » (principe fondamental 11).

2.23. Pour chaque source du registre, il faut au minimum indiquer les informations suivantes :

- l'entreprise exploitante autorisée à détenir la source et le dispositif associé, y compris des informations de contact ;
- l'utilisation autorisée de la source et du dispositif associé ;
- l'identification unique de la source (fabricant, numéro du modèle, numéro de série et date de fabrication) ;
- l'identification unique du dispositif correspondant (fabricant, numéro du modèle et numéro de série) ;
- la localisation de la source et/ou du dispositif associé (site de l'installation ou de l'utilisation autorisée) ;
- le radionucléide, l'activité de la source et la date de mesure de l'activité ;
- la catégorie de la source ;
- la forme (physique et chimique) de la matière radioactive, y compris le statut particulier de sa formule (voir référence [19]) ;
- un document sur la provenance de la source ou sur son transfert ;

- la date à laquelle la source et/ou le dispositif associé ont été consignés dans le registre ;
- le plan de neutralisation de la source, et, le cas échéant, la date prévue de son retour au fournisseur ou de son transfert vers une installation de gestion des déchets nucléaires.

2.24. Il est préférable de créer et de gérer un registre de sources radioactives dans un logiciel de base de données, plutôt que dans des programmes de calcul ou de traitement de texte, pour permettre la recherche et le tri de données et la génération de rapports. Plusieurs programmes de gestion des inventaires de matières radioactives (registres) sont disponibles dans le commerce ; le système d'information pour les autorités de réglementation (RAIS) mis au point par l'AIEA [27], qui comprend un module de création et de gestion d'un registre de sources, peut également être utilisé.

UTILISATIONS ACTUELLES DES SOURCES

2.25. Il faut collecter des informations détaillées sur les utilisations actuelles de sources radioactives dans l'État et sur les organismes qui les utilisent. Il s'agit d'un point fondamental pour la création et la gestion d'un registre national des sources et pour repérer les sources orphelines ou vulnérables potentielles.

2.26. Le processus de base de collecte de données sur des sources en fonction de leur utilisation comporte les étapes suivantes :

- s'informer sur les différents types d'applications comprenant des sources existant actuellement (le tableau 2 de l'appendice I dans la référence [16] fournit des exemples de pratiques utilisant des sources radioactives) ;
- déterminer lesquelles de ces applications ou industries sont susceptibles d'être utilisées au sein de l'État ;
- déterminer celles qui entrent dans le cadre de l'évaluation (définies conformément aux recommandations énoncées aux paragraphes 2.3 à 2.6) ;
- collecter les données utilisateur faciles à obtenir (par exemple en faisant une recherche administrative, conformément à la description détaillée fournie à l'appendice II).

2.27. Ces recherches permettront de déterminer s'il existe des sources orphelines ou si leur existence est plausible. Les résultats obtenus peuvent également montrer que des recherches administratives et/ou des recherches physiques plus poussées sont nécessaires.

2.28. Les informations fournies à l'annexe I peuvent être exploitées dans le cadre de recherches administratives de ce type, à des fins de collecte de données. Cette annexe présente les applications ou pratiques types, par catégorie de sources utilisées, en commençant par les pratiques utilisant des sources de catégorie 1. Les industries sur lesquelles les efforts de collecte de données doivent porter sont également indiquées, ainsi que des remarques sur la perte de contrôle à prendre en compte lors du passage en revue de toutes les pratiques utilisant des sources radioactives.

2.29. Dans certains cas, comme pour les installations d'irradiation, les personnes chargées de l'évaluation seront en mesure de conclure, de façon très fiable, s'il existe de sources orphelines ou non. Dans de nombreux autres cas, les évaluateurs détermineront que des sources sont susceptibles d'être utilisées, ou peuvent avoir été utilisées, mais ne seront pas en mesure de tirer de conclusions définitives sans recherches supplémentaires détaillées. En de très rares occasions, le risque potentiel révélé par l'évaluation peut justifier le démarrage immédiat d'activités de recherche de la source considérée. Toutefois, généralement, l'étape de collecte des données de l'évaluation se contentera de déterminer s'il est possible que des sources orphelines d'un certain type existent. Si la conclusion est qu'il peut en exister, des recherches supplémentaires plus poussées doivent alors être intégrée au plan d'action de stratégie nationale.

ANCIENS SITES MILITAIRES

2.30. Alors que les utilisations militaires de sources radioactives sont expressément exclues du champ d'application du Code de conduite [15] et du présent guide de sûreté, les sources de ce secteur peuvent devenir orphelines, ce qui s'est déjà produit souvent après leur abandon. Par conséquent, les anciens sites militaires doivent être évalués par le biais de recherches physiques et administratives (voir appendice II) pour garantir qu'aucune source n'a été perdue ou abandonnée sur ces sites. Cette tâche sera facilitée s'il est possible d'obtenir des informations des autorités militaires compétentes concernant le type de sources qui ont été utilisées, l'endroit où elles ont été utilisées et leur lieu de stockage définitif.

SOURCES UTILISÉES PRÉALABLEMENT À LA MISE EN ŒUVRE DU CONTRÔLE RÉGLEMENTAIRE

2.31. Il faut procéder à une évaluation pour déterminer quelles sources ont été utilisées avant l'entrée en vigueur d'un contrôle réglementaire approprié dans l'État et s'il en reste qui échappent toujours au contrôle réglementaire.

2.32. Dans de nombreux États, des sources peuvent avoir été utilisées avant la mise en place de contrôles réglementaires efficaces et peuvent avoir été mises au rebut de façon inappropriée. Par conséquent, il est nécessaire de collecter le plus tôt possible des informations sur les « débuts » de l'usage de matières radioactives, tant que des témoins de l'époque vivent toujours. Ce que l'on entend par « débuts » est très variable selon les États et peut aller des années 1920 ou même avant aux années 1990. Bien que la mémoire humaine soit très peu fiable, il est toujours possible d'obtenir des informations utiles sur la situation historique et la probabilité d'existence de sources orphelines auprès de personnes qui ont été les premières à travailler dans les différents champs d'application des sources radioactives (« les pionniers »).

2.33. Les utilisations les plus anciennes de matières radioactives dans les États développés impliquent généralement du radium, particulièrement dans les applications médicales et la recherche. Dans les États en voie de développement, les utilisations les plus anciennes concernent en général le domaine médical, notamment en cancérothérapie (^{60}Co ou ^{137}Cs). Dans tous les cas, les universités et autres centres et instituts de recherche feront selon toute vraisemblance partie des premiers usagers de sources radioactives. Par conséquent, c'est là qu'il faut démarrer les enquêtes sur l'utilisation des sources préalablement à la mise en œuvre des contrôles réglementaires. Une fois les pionniers en matière d'utilisation des sources radioactives identifiés, il faut les interroger sur les points suivants :

- type et nombre de sources qu'ils ont utilisées et leurs activités types ;
- comment ces sources ont-elles été obtenues et de qui ;
- à quoi ces sources ont-elles servi ;
- détails sur tous les incidents impliquant ces sources ;
- où ces sources ont-elles été entreposées ;
- comment ces sources étaient-elles mises au rebut ;
- qui étaient les collègues et/ou étudiants ;
- quelle législation, réglementations ou règles étaient en vigueur et quand ont-elles été mises en place.

2.34. La liste du paragraphe 2.33 n'est pas exhaustive, mais elle donne des idées sur le type de questions à poser lorsque l'on tente d'évaluer la probabilité d'existence de sources orphelines. Les informations fournies au cours d'entretiens de ce type doivent être croisées avec d'autres sources d'information dans la mesure du possible, mais toute indication signalant l'existence possible de sources orphelines de catégories élevées doit être vérifiée plus en détails dans le cadre de l'élaboration de la stratégie nationale.

2.35. Les autres personnes susceptibles d'avoir des informations pertinentes sont celles qui ont contribué à l'élaboration et à l'application des réglementations. Dans ce domaine, il faut tenir compte de ce que le contrôle réglementaire et sa mise en œuvre auront évolué avec le temps. Les archives des sites d'entreposage de déchets radioactifs sont une source possible d'informations, susceptible de conduire à la découverte de sources orphelines dont le contrôle a été perdu dans un passé lointain. Le cas échéant, il faut rechercher dans ces archives des informations sur les premiers détenteurs de ces sources ou sur les organismes dont provenaient ces sources. Ces informations peuvent servir à compléter les informations sur le détenteur actuel des sources radioactives et peut indiquer l'existence de sources orphelines.

IMPORTATIONS ET EXPORTATIONS DE SOURCES

2.36. Il faut évaluer les pratiques nationales dans le domaine de l'importation et de l'exportation de sources radioactives. L'expérience montre qu'un contrôle inefficace des importations et des exportations des sources radioactives est un facteur qui favorise grandement l'apparition de sources orphelines. La plupart des États importent un éventail de sources radioactives ou d'appareils en contenant, mais seul un petit nombre d'États exporte des sources ou appareils radioactifs neufs.

2.37. De nombreux États se sont engagés politiquement à respecter le Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives [15] et les Orientations pour l'importation et l'exportation de sources radioactives [26] qui le complètent. Qu'ils aient pris un engagement politique ou non, tous les États doivent s'efforcer de respecter les principes du code et de mettre en œuvre ces orientations. Toutefois, il va de soi que la plupart des États auront besoin de temps pour être en parfaite conformité. C'est pourquoi il faut procéder à un examen de l'état actuel et passé des pratiques d'importation et d'exportation, qui sera une partie importante de l'évaluation de la situation nationale. En particulier, il faut interroger les grandes entreprises multinationales qui importent

des sources à usage temporaire pour faire des essais non destructifs ou des diagraphies, étant donné qu'on a déjà constaté des lacunes dans les informations concernant l'importation de ce type de sources.

2.38. Collecter des informations sur l'exportation de sources ou de dispositifs radioactifs neufs est en général relativement facile. Seul un petit nombre d'États sont de grands exportateurs de telles sources. Si l'État n'a pas la capacité de fabriquer des sources radioactives, les seules exportations de sources seront probablement la réexportation des sources importées pour une utilisation temporaire, ou bien la réexportation de sources retirées du service vers leur fournisseur ou État d'origine.

2.39. Pour déterminer la situation en matière d'importations de sources radioactives, il faut dans un premier temps collecter des données auprès des autorités douanières et d'utilisateurs connus de sources radioactives. Fabricants et fournisseurs de sources sont également susceptibles d'avoir des informations sur les sources qu'ils ont distribuées. Bien que de nombreux États aient défini des exigences réglementaires en matière d'autorisation préalable et d'octroi de licences d'importation, il arrive que ces exigences ne soient pas satisfaites ou appliquées.

2.40. Dans le passé, des sources radioactives sont devenues orphelines dans des entrepôts douaniers. C'est pourquoi il faut étudier soigneusement les procédures douanières d'importation. Nombre de raisons peuvent expliquer le fait que des sources radioactives ne soient réclamées par personne à la douane, notamment :

- non-conformité avec les manifestes d'importation douaniers ;
- soupçon de trafic illicite de matières radioactives ;
- impossibilité de contacter le destinataire ;
- abandon de la source suite à une cessation d'activité, faillite, ou parce que la source s'est dégradée à tel point qu'elle n'a plus aucune valeur marchande ;
- refus ou incapacité du destinataire de payer les taxes d'importation ;
- refus ou incapacité du destinataire de payer la gestion ou le stockage définitif d'une source retirée du service.

2.41. La référence [19] définit des exigences internationales en matière d'étiquetage des paquets contenant des matières radioactives. Si une étiquette n'indique pas clairement qu'un paquet contient des matières radioactives, il est possible que des sources non réclamées entrent dans le domaine public par le biais de ventes aux enchères organisées ultérieurement par les autorités douanières.

TRAFIC ILLICITE

2.42. La survenue d'incidents de trafic illicite de matières radioactives et d'autres événements, tels que les saisies de matières radioactives pendant un tel trafic, le vol ou la perte de sources, le déplacement ou le stockage définitif non autorisé de sources, ou la récupération de sources radioactives sont révélateurs des faiblesses et des lacunes existant dans le domaine du contrôle réglementaire et dans les systèmes de sécurité. La collecte et l'évaluation d'informations sur ce type d'événements peuvent fournir des indications utiles sur les sources susceptibles de devenir orphelines, sur l'endroit où elles peuvent se trouver, sur les sources ou installations qui ne sont pas sous contrôle réglementaire et peuvent également indiquer des problèmes généraux dans le cadre législatif et réglementaire. Il faut également collecter des informations sur le trafic illicite et sur d'autres actes illicites dans les États voisins et plus éloignés.

2.43. La base de données sur le trafic illicite (ITDB) de l'AIEA est un système d'information pour la collecte et la diffusion d'informations sur les incidents de trafic illicite et tous les autres événements, tels que vols et pertes de matières radioactives, déplacement et stockage illicite et recouvrement de matières radioactives [28]. La spécificité de l'ITDB est que les informations sur les incidents tombant dans son champ d'application sont fournies par les États eux-mêmes. Les informations sur ce type d'événements sont également collectées à partir de sources publiques que les États impliqués sont invités à vérifier ou à infirmer. Chaque État participant au programme de l'ITDB désigne un point de contact national, qui a accès aux informations de l'ITDB et est ainsi une ressource utile au cours de la phase d'évaluation. La participation au programme de l'ITDB est facultative, mais les États non membres doivent envisager de s'y associer dans le cadre de la stratégie nationale visant à reprendre le contrôle de sources orphelines et à renforcer le contrôle des sources vulnérables.

2.44. Un facteur important susceptible d'être révélé par des données stockées dans l'ITDB est le fait que les récupérations les plus importantes de matières nucléaires sont le fruit de la collecte et de l'analyse d'informations fournies par les agences de renseignement. Ceci souligne l'importance d'impliquer les services de police, les autorités douanières et les agences de renseignement dans la collecte d'informations sur les sources radioactives. Les services internationaux et nationaux de police, les autorités douanières et les agences de renseignement doivent être consultées au cours de la phase d'évaluation, parce qu'elles sont susceptibles de fournir des informations pertinentes et actuelles sur la base d'informations collectées à partir de sources de renseignement situées tant au sein de l'État que provenant de réseaux plus étendus.

2.45. Les informations suivantes doivent être prises en compte ou collectées, dans le cadre de la préparation de la mise en place d'une stratégie nationale :

- nombre et nature des États limitrophes et relations politiques entretenues avec ces derniers ;
- qualité du contrôle réglementaire des sources radioactives dans les États voisins ;
- nature des frontières avec les États limitrophes ; à savoir, les frontières sont-elles ouvertes ou l'accès aux États limitrophes est-il restreint par des barrières naturelles ou en raison de la situation politique ?
- nombre et type des différents ports d'entrée et de sortie par voie de terre, d'air ou de mer ;
- capacités de détection des rayonnements aux frontières nationales et aux autres endroits pertinents ;
- évaluation des possibilités d'installation d'équipements de surveillance des frontières supplémentaires ;
- archives sur des événements de trafic illicite révélés par des opérations de police ou de renseignement, ou par les opérations de surveillance des frontières existantes.

2.46. Une coopération doit être établie entre l'agence réglementaire, les services de police, les services de renseignement, les autorités douanières, les gardes-frontières et les autres autorités situées aux ports d'entrée dans l'État. Une communication efficace et une assistance mutuelle sont nécessaires entre ces organisations, chacune dans son domaine de compétences respectif afin d'évaluer correctement le volume du trafic illégal au sein de l'État.

2.47. Les problèmes types susceptibles de survenir lors de la collecte et de l'évaluation des informations sur le trafic illicite des sources radioactives sont répertoriés ci-après :

- Il n'y a pas eu de communication entre les différentes organisations compétentes sur une approche concertée pour lutter contre le trafic illicite au sein de l'État.
- Les informations concernant les événements de trafic illicite n'ont pas été fournies aux services de police compétents ou par ces derniers.
- Aucune évaluation n'a été faite quant aux problèmes éventuels posés par un trafic illicite dans l'État.
- Il existe des indices d'un trafic illicite notable dans l'État.
- Le personnel susceptible d'être en contact avec des matières radioactives faisant l'objet d'un trafic illégal n'a pas reçu de formation sur la détection et

l'identification de matières radioactives et/ou ne possède pas de détecteurs de rayonnements appropriés.

- Il n'existe pas de coopération ni d'accord entre les différents organismes qui apportent un soutien technique aux autorités douanières et frontalières ou aux services de police.
- La surveillance des frontières est insuffisante, y compris dans les situations où elle serait manifestement justifiée.
- L'équipement de surveillance des frontières existant est non fonctionnel, inefficace ou inapproprié.

PARTENAIRES COMMERCIAUX

2.48. Il faut évaluer la probabilité que les matériels importés contiennent des sources orphelines. Si des sources radioactives sont perdues de vue au niveau du contrôle réglementaire, il est possible que ces sources elles-mêmes se retrouvent mêlées à d'autres marchandises, ou que ces dernières se trouvent contaminées. Les marchandises contaminées présentent généralement un risque sanitaire bien moindre que les sources orphelines. Toutefois, l'existence de marchandises contaminées peut être révélatrice d'un contrôle réglementaire insuffisant.

2.49. Il n'y a guère d'États dotés de ressources leur permettant de procéder à un échantillonnage ou de surveiller efficacement toutes les marchandises entrantes ou sortantes. Par conséquent, pendant la phase de conception de la stratégie nationale, il est nécessaire de prendre des décisions pour cibler les ressources sur les flux de marchandises les plus susceptibles de contenir des sources ou d'être contaminées et de surveiller tous les éléments à haut risque. Généralement, les ressources doivent se concentrer sur les importations de l'industrie de recyclage du métal, étant donné que ce secteur a connu des incidents dans le passé. Il faut évaluer le flux de ces marchandises (et d'autres auxquelles on aura éventuellement décidé de s'intéresser) pour déterminer si leur commerce est restreint à un nombre limité de ports, dans le but de réduire le nombre de sites où il faudra envisager d'introduire des programmes de surveillance. Les décisions relatives à la prise de dispositions de surveillance sont complexes ; toutefois, des orientations sont proposées dans l'appendice II et la référence [29].

2.50. Lors de l'élaboration d'une stratégie nationale, il faut tenir compte de la présence possible de radionucléides d'origine naturelle dans les importations, dans la mesure où ils feront partie des radionucléides les plus courants détectés par les systèmes de surveillance des frontières. Les matières contenant des radionucléides d'origine naturelle peuvent provenir d'industries du traitement de

minerais, tels que la bastnaésite, la bauxite, le spath fluor, l'ilménite, la monazite, le phosphate, le pyrochlore, le sable de zircon, le pétrole et le gaz naturel. Les concentrations peuvent varier sensiblement, en fonction de l'origine de la matière et du degré de traitement. L'utilisation de matières contenant des radionucléides d'origine naturelle peut représenter un risque chronique à prendre en compte dans le cadre réglementaire, mais ne comporte généralement pas de risque important.

RECYCLAGE DU MÉTAL

2.51. Dans le passé la présence de sources orphelines dans de la ferraille à différentes phases du recyclage a eu d'importantes conséquences économiques et sanitaires. Par conséquent, le recyclage de la ferraille doit être traité à part et il faut collecter des informations sur la nature et l'importance de cette industrie dans l'État [30-33].

2.52. Il est possible que des sources radioactives ayant été utilisées dans une installation ne soient pas encore retirées au moment du déclassement, du démantèlement ou de la démolition de celle-ci. Par exemple, dans une installation industrielle des dispositifs de jaugeage peuvent rester fixés aux tuyaux que l'on démonte et envoie au recyclage de la ferraille. En outre, il est possible que le plomb, le tungstène ou l'uranium appauvri du bouclier d'une source soit envoyé au recyclage alors que la source se trouve toujours dans le bouclier. Comme la ferraille peut être transportée n'importe où dans le monde à des fins de recyclage, il peut arriver que des sources soient transportées et importées conjointement avec la ferraille.

2.53. Si une source radioactive n'est pas découverte avant d'être broyée ou fondue avec la ferraille, les rejets de matières radioactives qui en résultent peuvent entraîner une contamination de l'environnement, une contamination importante de l'usine et entraîner des coûts de décontamination énormes (voir annexe 1 de la référence [30]).

2.54. Si la source n'est pas détectée préalablement à la fonte ou pendant celle-ci, elle peut se trouver vaporisée ou diluée et incorporée dans les nouveaux lingots de métaux ou dans le laitier. Si elle n'est toujours pas détectée, les matières radioactives se retrouvent dans le produit final ou dans les déchets. Le métal ou les produits métalliques contaminés peuvent eux-mêmes être transportés ou importés. Les débits de doses provenant de produits métalliques contaminés sont en général relativement faibles et ne posent pas de problème majeur à court terme. Toutefois, si de l'acier contaminé est incorporé dans des éléments

auxquels des personnes peuvent se trouver exposées pendant une longue durée, par exemple des chaises, des tables ou des barres d'armature en acier dans des structures métalliques [34-36], les doses cumulées peuvent devenir importantes.

2.55. Il faut collecter des informations sur les ferrailleurs et les autres personnes impliquées dans l'industrie du recyclage du métal. Les ferrailleurs et les représentants des industries impliquées dans le recyclage des métaux doivent être informés des risques posés par les sources orphelines. En outre, il faut envisager d'intégrer dans la stratégie nationale des mesures de surveillance de la ferraille pour détecter la contamination ou la présence éventuelle de sources radioactives. Les critères d'acceptation et tous les autres niveaux d'action envisagés doivent être définis préalablement à l'application de telles dispositions.

2.56. Au nombre des informations à collecter sur le recyclage du métal, notons :

- Les noms et adresses des entreprises de recyclage du métal dans l'État et leurs fournisseurs, en remontant autant que possible la chaîne des fournisseurs.
- Indiquer si ces entreprises possèdent des détecteurs de rayonnements, fixes ou mobiles.
- Familiarisation du personnel de ces entreprises avec le risque potentiel, le symbole de mise en garde contre les rayonnements et l'aspect physique des sources types et de leurs blindages.
- Y a-t-il des procédures en place en cas de découverte de sources dans la ferraille ?
- Quelles sont (s'il y en a) les entreprises importatrices ou exportatrices de ferraille ?

2.57. L'utilisation des détecteurs de rayonnements en différents points au cours du processus de recyclage du métal est presque toujours justifiée. Il faut également prendre des dispositions pour traiter les sources détectées. Les personnes impliquées dans l'industrie du recyclage du métal doivent être formées sur l'aspect physique du symbole de mise en garde contre les rayonnements et sur les sources types et les boucliers nucléaires auxquels elles sont susceptibles d'être confrontées. L'AIEA a mis au point un kit d'informations qui peut servir à cela [37]. D'autres recommandations sur le traitement des sources orphelines dans les industries de production et de recyclage du métal sont fournies dans la référence [38].

SOURCES RETIRÉES DU SERVICE

2.58. Les sources retirées du service représentent le plus vaste gisement de sources orphelines potentielles. Par conséquent, il faut particulièrement bien évaluer l'ampleur du problème. Historiquement, de nombreux accidents impliquant des sources orphelines se sont produits parce que l'on avait fini par oublier des sources qui n'étaient plus utilisées depuis longtemps et dont on avait perdu le contrôle quelques années plus tard. Par conséquent, il faut essayer de détecter toutes les sources retirées du service dans l'État pour vérifier qu'elles sont correctement neutralisées.

2.59. Il faut au moins collecter des informations sur le statut de toutes les sources de catégorie 1, 2 et 3 dans tous les inventaires de fonctionnement des entreprises ou dans le registre national des sources, de façon à pouvoir évaluer si les sources sont retirées du service ou non. En général, cela impliquera d'interroger le titulaire de la licence ou le propriétaire de la source sur la fréquence d'utilisation. Une étude des dispositions prises pour le stockage des sources révélera également si la source est réellement utilisée ou si son stockage est sûr.

2.60. Des conseils sont fournis à l'appendice II sur la conduite des recherches à faire pour collecter des informations sur les sources retirées du service qui ne sont répertoriées dans aucun inventaire ni dans le registre national des sources.

2.61. Les entreprises exploitantes doivent être encouragées à se familiariser avec la durée d'utilité d'une source et à prévoir la fin probable de celle-ci. Ceci leur permettra de prendre les dispositions qui s'imposent en matière de gestion et de dotation budgétaire pour neutraliser la source et limitera la probabilité que des sources retirées du service soient entreposées dans des installations des utilisateurs pendant de longues périodes de temps. Il faut surveiller les points suivants pour chaque source :

- vie active recommandée ;
- conformité avec des certificats d'agrément pour les matières radioactives spéciales, susceptibles d'affecter la capacité de l'organisme exploitant à transférer la source au terme de sa durée d'utilité [19] ;
- disponibilité de l'emballage de transport autorisé, spécialement lorsqu'un emballage spécifique est requis pour transporter une source [19] ;
- résultats des tests d'étanchéité.

2.62. Il faut inciter les organismes exploitants à renvoyer des sources retirées du service à leur fabricant, ou à les expédier à des installations de stockage

définitif, des installations de stockage centralisé, ou à d'autres destinataires autorisés qui peuvent garantir leur contrôle permanent, par différents moyens, par exemple en augmentant les frais de licence ou en imposant des exigences réglementaires plus strictes. Certains États subordonnent l'importation d'une source à sa réexportation au terme de sa durée d'utilité, ou une fois la tâche qui avait nécessité son import accomplie. D'autres États n'accordent ces autorisations que si l'itinéraire de mise au stockage définitif de la source est déjà spécifié et planifié. Certains États imposent une réautorisation de routine des sources, associée à la taxe qui convient ; ceci a l'avantage d'inciter les utilisateurs à se demander s'ils ont vraiment toujours besoin de certaines sources. Les campagnes régionales et nationales visant à récupérer des sources orphelines ont réduit sensiblement le nombre de sources retirées du service disponibles [39].

2.63. Il s'avère souvent que les sources retirées du service :

- ne sont pas stockées correctement (ceci peut s'appliquer non seulement aux sources retirées du service détenues par un utilisateur précédent, mais aussi aux sources retirées du service sous contrôle institutionnel gouvernemental. L'entreposage des sources orphelines récupérées ou de celles confisquées auprès de trafiquants illicites risque également de ne pas être correct) ;
- ne sont pas sécurisées correctement, ce qui les rend relativement faciles à dérober ;
- ne sont pas comptabilisées à intervalles suffisamment réguliers, ce qui fait que la disparition d'une source peut passer inaperçue pendant trop longtemps ;
- ne sont pas déclarées comme retirées du service, bien qu'elles n'aient pas été utilisées depuis plusieurs années (ceci signifie que ces sources ne sont pas soumises aux exigences réglementaires concernant les sources retirées du service et que leur stockage définitif n'est pas envisagé) ;
- sont dans une situation où elles risquent de tomber dans l'oubli, notamment lorsque le personnel part à la retraite, change de poste ou pour toute autre raison ;
- ne peuvent pas être stockées définitivement, parce qu'aucune procédure, aucune méthode, aucun mécanisme ou mesure incitative ne sont mis en place à cet effet.

SOURCES PERDUES ET DÉTECTÉES CONNUES

2.64. Il faut collecter des informations sur les sources radioactives qui ont été préalablement perdues ou trouvées pour quantifier le problème des sources

orphelines. L'effort le plus important dans ce domaine a été consacré aux sources de catégorie 1, 2 et 3. Les données relatives aux sources perdues et trouvées provenant d'autres États peuvent aider à circonscrire les domaines où des problèmes sont susceptibles de survenir.

2.65. Même si les archives sont incomplètes, il faut mettre en place un système garantissant qu'à l'avenir toutes les données sur les sources perdues et trouvées soient collectées et conservées. Certains États gèrent des bases de données (par exemple, la base de données des événements sur les matières nucléaires (Nuclear Materials Events Database) gérée par la « United States Nuclear Regulatory Commission » [40]) et les organismes internationaux gèrent également des bases de données et des archives sous d'autres formes [28, 29, 41]. Les données contenues dans ces sources d'informations sont limitées, sont loin d'être exhaustives et il est peu probable qu'elles permettent de faire des évaluations quantitatives en temps voulu. Toutefois, en utilisant conjointement ces données et les informations contenues dans la référence [16], une évaluation qualitative des sources à haut, moyen et faible risque peut être faite.

2.66. Une absence de données sur les sources perdues et trouvées peut être positive ou négative. Positive en ce sens que cela peut vouloir dire que le contrôle des sources radioactives dans l'État est si efficace qu'elles ne sont ni perdues ni trouvées. Négative en ce sens que cela peut signaler qu'il n'existe ni mécanisme ni mesure incitant à signaler la perte ou la découverte de sources, ou que personne n'est conscient que des sources sont perdues.

2.67. Les problèmes types sont les suivants :

- Aucune donnée n'est conservée sur les sources perdues ou trouvées.
- Aucune tentative n'a été faite pour rechercher des sources égarées ou les propriétaires de sources trouvées.
- Plusieurs sources ont été découvertes, ce qui signifie que d'autres sources sont toujours perdues.
- Il existe des preuves d'importation de sources dans l'État, mais personne ne sait où elles se trouvent actuellement.
- Aucun effort systématique n'est fait pour rechercher activement des sources.
- Aucune obligation de notification des pertes, disparitions ou détections de sources aux organismes gouvernementaux compétents n'a été imposée.

INCIDENTS

2.68. Même si l'on peut beaucoup apprendre en se penchant sur les incidents du passé, notamment sur les accidents incluant des sources radioactives, l'accent doit être mis sur la façon dont ces sources sont devenues orphelines dans le cadre de l'élaboration d'une stratégie nationale.

2.69. Lors de l'étude des incidents impliquant des sources radioactives, il faut envisager les étapes suivantes :

- Il faut dresser la liste des incidents ayant impliqué des sources radioactives.
- Si un événement a impliqué des sources sous licence ou autorisées, elles ont peu de chances d'être utiles au niveau de la recherche de sources orphelines, même s'il est possible d'en tirer des enseignements sur la sûreté radiologique ou sur le plan réglementaire ; par conséquent, les événements qui ont impliqué des sources orphelines ou vulnérables doivent être sélectionnés et les efforts porter sur ces derniers.
- Le processus qui a fait que la source radioactive s'est retrouvée hors contrôle réglementaire (qu'elle est devenue orpheline) doit être déterminé et la séquence des événements doit être analysée pour déterminer la cause première.
- Il faut déterminer si des événements impliquant des sources orphelines ont des points communs.
- Les archives et les données existantes doivent être étudiées pour déterminer si d'autres sources peuvent avoir fait l'objet d'une procédure viciée similaire ayant engendré des sources orphelines qui n'aient pas encore créé d'incident.
- Le cas échéant, l'étude des informations doit être complétée par des entretiens ou des visites de sites pour confirmer ou infirmer l'existence d'autres sources.

2.70. Il va de soi que le passage en revue des incidents impliquant des sources radioactives peut présenter des recoupements avec celui des sources retirées du service et des sources perdues et trouvées connues ; toutefois, cette opération constitue un point de départ différent pour la recherche.

SITES DE CONFLITS ET DE CATASTROPHES NATURELLES

2.71. Les bouleversements sociaux résultant de conflits armés et de catastrophes naturelles, telles qu'inondations, ouragans et tremblements de terre, peuvent

entraîner la suppression ou la dégradation importante des conditions de contrôle réglementaire des sources. Par conséquent, il faut évaluer la probabilité d'apparition de nouvelles sources orphelines et vulnérables le plus tôt possible suite à ces événements perturbateurs.

2.72. Les questions à poser suite à de tels événements incluent :

- Quelles étaient les sources présentes dans cette zone et où étaient-elles situées ?
- Quelle est l'étendue des dégâts subis par les installations utilisant et stockant des sources ?
- Peut-il y avoir des sources vulnérables ou orphelines comme conséquence des dégâts collatéraux de la guerre, par exemple, un appareil de radiothérapie externe endommagé dans un hôpital en ruine ?
- Les dégâts subis par les bâtiments permettent-ils un accès non contrôlé à des endroits auparavant protégés, permettant le pillage ou la récupération de matières radioactives ?
- Des installations contenant des sources radioactives ont-elles été abandonnées par le personnel habilité ou la surveillance exercée par ces personnes est-elle moindre ?
- Le contrôle réglementaire normal a-t-il été affecté ?
- Est-ce qu'une évaluation des menaces signale une volonté accrue de certains individus d'acquiescer illégalement des sources radioactives ?

2.73. Tous les événements de ce type imposent d'inclure des recherches administratives et physiques de sources radioactives dans la stratégie nationale (voir appendice II).

SÉCURITÉ DES SOURCES

2.74. Dans le cadre de l'évaluation, le statut actuel des sources radioactives et la mise en place des exigences de sécurité correspondantes doivent être passés en revue.

2.75. Historiquement, de nombreux États n'ont pas eu d'exigences réglementaires spécifiques concernant la mise en œuvre de mesures de sécurité pour les sources radioactives autres que des considérations de sûreté. Toutefois, depuis les attaques du 11 septembre 2001, de nouvelles mesures sur la sécurité des sources radioactives ont été prises [42]. Toutefois, les États n'ont pas encore

tous mis au point des mesures de sécurité tenant compte du contexte actuel de menace.

2.76. Les problèmes potentiels dans le domaine de la sécurité des sources sont les suivants :

- manque de coordination entre les organismes nationaux ayant des responsabilités dans le domaine de la sécurité ;
- absence de cadre juridique national, d'exigences réglementaires ou de directives concernant la sécurité des sources ;
- application insatisfaisante des exigences nationales de sûreté et de sécurité dans des installations utilisant des sources radioactives.

3. ÉLABORATION DE LA STRATÉGIE NATIONALE

GÉNÉRALITÉS

3.1. Dans le cadre de l'élaboration d'une stratégie nationale visant à récupérer le contrôle de sources orphelines et à renforcer le contrôle des sources vulnérables, il faut procéder aux étapes suivantes :

- répertorier les problèmes existants ou susceptibles de se poser découverts pendant la phase d'évaluation ;
- prendre des mesures qui permettront de résoudre chaque problème ou, dans le cas d'une situation complexe, définir les premières étapes menant à la résolution du problème ;
- définir l'ordre de priorité de ces actions et les présenter sous la forme qui convient pour qu'elles soient revues par des décideurs ;
- repérer les différentes agences impliquées et conclure un accord sur la définition des responsabilités pour ces actions.

3.2. Alors que le plan d'action décrit des mesures concrètes assorties de priorités diverses et qu'il s'agit donc d'un document destiné à être mis en œuvre, il doit être rédigé en gardant présent à l'esprit que les décideurs seront ses premiers lecteurs. Ceci s'explique par le fait qu'un haut niveau d'engagement et probablement des ressources nationales complémentaires seront nécessaires à la mise en œuvre du plan d'action ; des ressources complémentaires provenant d'États donateurs ou d'agences internationales peuvent s'avérer nécessaires.

CONCEPTION DE SOLUTIONS

3.3. Certains problèmes repérés au cours de la phase d'évaluation peuvent être suffisamment mineurs ou pressants pour qu'il faille les traiter avant de formaliser une stratégie nationale. Les problèmes mineurs doivent être traités par l'organisme gouvernemental compétent dans le cadre normal de ses activités. Ces problèmes et leurs solutions doivent être enregistrés, tant pour garantir que l'on tire les leçons du processus que pour mettre bout à bout des données susceptibles d'indiquer un problème d'ordre plus général.

3.4. De même, les problèmes présentant un danger immédiat doivent être traités immédiatement par l'organisme gouvernemental compétent. Ce type de problèmes et les actions entreprises pour les minimiser doivent également être consignés. Ainsi, les phases d'évaluation, de conception et de mise en œuvre peuvent se recouper. Toutefois, la partie principale de la phase d'évaluation implique la détection de problèmes et de solutions dont il faut faire état dans la stratégie nationale.

3.5. Une fois la situation présente évaluée, la liste des actions à entreprendre pour résoudre les problèmes repérés doit être dressée. Par exemple, s'il n'existe pas de registre des sources dans l'État, une solution serait de commencer à en créer un. L'annexe II répertorie les exemples d'un certain nombre de problèmes fréquents et des solutions envisageables qui ont été trouvées ou proposées dans le cadre du plan d'action de la stratégie nationale dans différents États.

3.6. Il peut y avoir plusieurs solutions à certains problèmes. Par exemple, si une source retirée du service est dans une situation vulnérable, il faut la sécuriser davantage [42]. Ceci peut signifier rendre son stockage actuel plus sûr, la transporter à un endroit plus sûr ou en organiser le stockage définitif.

3.7. Il est parfois difficile de décider jusqu'à quel degré de précision les solutions doivent être décrites dans le plan d'action. Le niveau de détail approprié doit être défini en fonction du processus d'obtention de l'accord sur la stratégie nationale. Par conséquent, les décideurs impliqués doivent être désignés tôt et le degré de précision du plan d'action doit être adapté à leurs besoins.

DÉFINITION DES ACTIONS PAR ORDRE DE PRIORITÉ

3.8. Les actions définies doivent être classées par ordre de priorité. En général, il y a une longue liste de problèmes et de solutions envisageables qui ne peuvent

être mises en œuvre toutes en même temps. Les paragraphes 3.9 à 3.14 fournissent des recommandations concernant des facteurs à prendre en compte lors de la définition des priorités.

Niveau de risque immédiat

3.9. Si un problème repéré présente un risque immédiat et qu'il peut faire qu'une source radioactive entraîne la mort ou des lésions corporelles, ce problème doit devenir la priorité n° 1. Conformément au paragraphe 3.4, il faut traiter les problèmes de ce type avant de formaliser une stratégie nationale, mais toujours selon un plan soigneusement défini. Un exemple de ce genre de situation est la découverte de la perte d'une source de radiographie industrielle (catégorie 2) qui doit être localisée et sécurisée immédiatement.

Niveau de risque potentiel

3.10. En second lieu, il faut prendre en compte le niveau de risque potentiel. Il s'agit en effet de situations susceptibles de représenter un risque immédiat si on ne cherche pas de solution rapidement. Il s'agit « d'accidents qui ne demandent qu'à se produire ». Une tête de radiothérapie externe (catégorie 1) abandonnée à un endroit non sécurisé est l'exemple type de ce genre de situations. Des situations semblables ont été les précurseurs classiques de plusieurs incidents ayant entraîné des décès ou des lésions corporelles graves.

Coût de mise en œuvre de la solution

3.11. Lors de la définition des actions par ordre de priorité, il faut considérer la facilité de mise en œuvre de la solution ou les coûts relatifs face au problème détecté. Les actions ne requérant aucune ressource complémentaire doivent être mises en œuvre immédiatement. Ainsi, si un organisme de réglementation procède à une inspection ou à des autorisations de sources sur la base de frontières géographiques telles que des provinces, il vaut mieux réorganiser ce travail en fonction des catégories des sources, en traitant les sources de catégorie 1 d'abord, ou en fonction des informations provenant des évaluations nationales de la menace.

3.12. La liste suivante fournit un classement possible des solutions en fonction de leurs coûts :

- 1) modifications de procédures immédiatement applicables par le personnel existant ;

- 2) modifications de procédures dont l'élaboration ou la mise en œuvre entraînent une charge de travail importante pour le personnel en place ;
- 3) solutions nécessitant l'achat de nouveaux équipements ou véhicules ;
- 4) solutions requérant l'embauche de personnes supplémentaires ;
- 5) solutions impliquant la construction de nouvelles installations, telles que des installations de stockage à long terme ou de stockage définitif de sources retirées du service.

Rapidité de mise en œuvre

3.13. La rapidité de mise en œuvre d'une solution doit être considérée dans l'établissement des priorités. Certaines solutions peuvent être mises en place plus rapidement que d'autres. Ainsi, il est plus rapide de modifier un formulaire de demande de licence pour obliger à fournir des informations complémentaires que de modifier une loi ou une réglementation.

3.14. Dans un premier temps, il faut affecter des ressources pour mettre en œuvre des solutions efficaces rapidement et à faible coût. Ceci présente l'avantage de rendre visibles les résultats et de pouvoir gérer le moment de l'amélioration. Toutefois, des solutions applicables sur un plus long terme peuvent avoir une importance et un impact plus grands et requérir l'accomplissement de certaines étapes dans un délai déterminé. Ce type de solutions peut impliquer une analyse plus poussée et une collecte de données supplémentaires, ou peuvent requérir la définition d'un projet de financement ou d'une proposition de politique.

Format du document de stratégie nationale

3.15. L'appendice I fournit un exemple du format du document de stratégie nationale et de son contenu ; toutefois, il doit être adapté aux besoins de la situation nationale.

4. MISE EN ŒUVRE DE LA STRATÉGIE NATIONALE

GÉNÉRALITÉS

4.1. Les étapes suivantes doivent être exécutées pendant la phase de mise en œuvre d'une stratégie nationale visant à récupérer le contrôle des sources orphelines et à renforcer le contrôle des sources vulnérables :

- décision de démarrage du projet ;
- mise en œuvre du plan d'action ;
- évaluation de l'efficacité du plan d'action et mises à jour nécessaires.

DÉCISION DE DÉMARRAGE

4.2. Une fois le plan d'action pour la stratégie nationale conçu, la décision de le mettre en œuvre doit être prise par la plus haute autorité compétente. Cette décision doit être consignée formellement. Les personnes chargées de garantir que le contrôle des sources radioactives est garanti et amélioré doivent se voir confier l'autorité et les ressources nécessaires pour mettre le plan en œuvre ; sinon le plan ne sera pas efficace. Si des actions à long terme ou très coûteuses requièrent de nouvelles discussions et une évaluation avant d'être adoptées, elles doivent être traitées séparément et le reste du plan doit être soumis pour approbation.

MISE EN ŒUVRE DU PLAN D'ACTION

4.3. Une fois approuvé, le plan d'action progressera en général sans heurts. Sa mise en œuvre dépend de la nature spécifique de chacune des actions. Toutefois, les actions ayant le niveau de priorité le plus élevé doivent être effectuées en premier.

4.4. Si un État ne dispose pas des ressources ou de l'expertise nécessaires pour exécuter des tâches spécifiques, il faut chercher comment obtenir une aide bilatérale ou internationale. Il existe plusieurs façons d'obtenir une aide complémentaire, en particulier pour les sources de catégories élevées susceptibles d'être perdues ou vulnérables. L'AIEA est dotée de plusieurs mécanismes permettant d'apporter ce type d'aide, par exemple par le biais de son programme de coopération technique.

ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ ET MISE À JOUR DU PLAN D'ACTION

4.5. Le plan d'action de la stratégie nationale doit être évalué, contrôlé et révisé tous les ans. À mesure que les actions hautement prioritaires sont exécutées, les tâches auxquelles était affecté un niveau de priorité moindre doivent se voir affecter un niveau de priorité plus élevé dans les plans d'action révisés. Le travail lui-même conduira également à des modifications de la situation à mesure que davantage d'informations sont collectées, que des ressources deviennent disponibles ou s'amenuisent et qu'un plus haut niveau de compréhension est atteint.

4.6. La mise en œuvre réussie d'une stratégie nationale signifie que les sources orphelines passent sous contrôle réglementaire et que le contrôle des sources vulnérables est amélioré. Par conséquent, l'évaluation de l'efficacité du plan d'action et sa mise à jour peuvent également être considérés comme une évaluation du système de contrôle réglementaire des sources radioactives.

Appendice I

FORMAT ET CONTENU DU DOCUMENT DE STRATÉGIE NATIONALE

I.1. Même si une stratégie nationale, et par conséquent le contenu du document de stratégie nationale, est spécifique à chaque État, cette appendice fournit des orientations sur le format et le contenu général.

INTRODUCTION

I.2. L'introduction du document de stratégie nationale doit indiquer le contexte, les objectifs, le champ d'application et la structure du document et doit définir les termes qui y sont utilisés. Dans la mesure où le plan d'action décrit des mesures concrètes assorties de priorités diverses et qu'il est donc destiné à être mis en œuvre, il doit être rédigé en gardant présent à l'esprit que les décideurs seront ses principaux lecteurs. Ceci s'explique par le fait qu'un haut niveau d'engagement et, probablement, des ressources nationales complémentaires seront nécessaires à la mise en œuvre du plan d'action ; des ressources complémentaires provenant d'États donateurs ou d'agences internationales peuvent également être nécessaires. Pour cette raison, une brève explication des types et des utilisations des diverses sources radioactives dans l'État doivent figurer dans l'introduction, ainsi que des informations sur les circonstances où des sources similaires sont devenues orphelines ou ont été la cible de vols.

INFRASTRUCTURE NATIONALE DE CONTRÔLE DES SOURCES RADIOACTIVES

I.3. Cette partie du document sur la stratégie nationale doit fournir un bref résumé de la situation historique concernant l'infrastructure nationale pour le contrôle des sources et indiquer les exigences actuelles. Elle doit faire état de la portée des mécanismes de contrôle des sources en place, de leurs points forts et leurs points faibles et nommer les autorités et les responsabilités respectives des différents organismes nationaux dans ce domaine. Si plusieurs autorités sont responsables du contrôle des sources radioactives, leurs diverses responsabilités et la coordination et liaison entre elles doivent être clairement mentionnées dans cette partie. Les implications de toutes les modifications suggérées au niveau des exigences nationales pour le contrôle des sources doivent être traitées.

DONNÉES DE L'ÉVALUATION

I.4. L'évaluation nationale de chaque domaine-clé abordé dans la section 2 du présent guide de sûreté doit être décrite dans cette partie du document sur la stratégie nationale. Des informations de contexte sur chaque domaine-clé doivent être fournies dans l'intérêt des lecteurs susceptibles de ne pas bien connaître les utilisations des sources radioactives. Ceci permettra par exemple à un décideur de comprendre les utilisations des sources de radiographie, du danger qu'elles représentent si elles ne sont pas contrôlées et des raisons pour lesquelles il est important qu'elles soient contrôlées correctement.

ÉVALUATION DES PROBLÈMES ET SOLUTIONS PROPOSÉES

I.5. Chaque problème repéré et les différentes parties dont il se compose doivent être décrits, ainsi que les actions résolvant ou constituant une amorce de résolution du problème. La description de chaque problème et les solutions proposées doivent être suffisamment détaillées et spécifiques pour être utiles.

PLAN D'ACTION

I.6. Pour aider les décideurs, le texte de la section précédente, décrivant chaque problème et sa solution, doit être récapitulé sous forme de tableau, indiquant les aspects suivants :

- a) énoncé clair du problème repéré ;
- b) action à effectuer pour résoudre le problème ;
- c) priorité affectée à l'action ;
- d) ressources nécessaires ;
- e) attribution de responsabilité ;
- f) calendrier de mise en œuvre.

Le format utilisé pour chaque plan d'action pourra être une version développée des exemples présentés dans l'annexe II.

CONCLUSION

I.7. La conclusion du document relatif à la stratégie nationale doit clairement faire état du niveau actuel de contrôle des sources radioactives, ainsi que d'une évaluation de la probabilité d'existence de sources orphelines. Le lecteur doit être en mesure de comprendre rapidement la situation nationale en matière de contrôle des sources radioactives et l'importance de la mise en œuvre de la stratégie nationale.

Appendice II

RECHERCHE DE SOURCES

II.1. La stratégie nationale doit inclure certaines recherches de sources radioactives. Cet appendice fournit des informations détaillées sur la façon de conduire de telles recherches. Ces recherches peuvent être administratives ou physiques. Une recherche physique implique des tentatives de repérage de sources radioactives, tant visuellement qu'en utilisant des détecteurs de rayonnements. Une recherche administrative peut apporter la preuve de la perte d'une source et entraîner une recherche physique de cette dernière. Les recherches administratives permettent également de définir les recherches physiques par ordre de priorité.

II.2. Plusieurs raisons justifient ces recherches dans le cadre d'une stratégie nationale, notamment :

- élaborer un premier registre des sources ;
- vérifier systématiquement que toutes les sources sont comptabilisées et permettre la mise à jour du registre ;
- rechercher les causes de lésions graves par irradiation ;
- rechercher des sources perdues spécifiques.

II.3. La disparition d'une source peut être découverte de différentes façons, notamment par :

- les résultats d'une recherche administrative ;
- le rapport d'un utilisateur signalant la perte ou le vol d'une source ;
- le fait qu'une seule partie d'un envoi ait été reçu ;
- une effraction dans un site de stockage de sources ;
- la constatation de résultats de surveillance anormaux ;
- la découverte d'un conteneur de source étiqueté et vide ;
- la constatation d'effets sanitaires induits par les rayonnements.

II.4. La décision de lancer une recherche et la priorité qui lui est affectée sont fonction du motif de la recherche, ainsi que de facteurs tels que :

- le risque potentiel lié aux sources suspectées et non contrôlées ;
- la catégorie d'une source dont on sait qu'elle a disparu ;
- le temps qui s'est écoulé depuis la perte ou le vol de la source ;
- les informations disponibles susceptibles d'être utiles pour la recherche ;

- le coût prévu de la recherche et les ressources financières disponibles ;
- les plans de développement futurs dans un périmètre où l'on suspecte la présence d'une source ;
- la disponibilité d'un personnel de recherche qualifié ;
- les moyens disponibles pour les recherches physiques ;
- la « tolérance au risque » des autorités locales et de la population environnante (par exemple, savoir si la présence potentielle d'une source orpheline dans un lieu public serait tolérable).

II.5. Si on établit que le risque de lésion pour les individus est élevé (par exemple, dans le cas d'une source perdue de catégorie 1, 2 ou 3), il s'agit d'une urgence à traiter comme telle [43-47]. « Des dispositions doivent être prises pour lancer rapidement une recherche et avertir la population au cas où une source dangereuse viendrait à être perdue ou enlevée de façon illicite et à se retrouver éventuellement dans le domaine public. » (par. 4.38 de la référence [18]).

RECHERCHES ADMINISTRATIVES

II.6. Dans le cadre d'une recherche administrative, les informations sont collectées sans recourir à un dispositif de contrôle radiologique, ni à des recherches à vue portant sur des sources dont on sait ou soupçonne qu'elles sont perdues, disparues ou volées. Les deux principaux aspects des recherches administratives sont de déterminer la source d'informations la plus utile et de déterminer la meilleure méthode de collecte des informations fournies par cette source.

Sources d'informations

II.7. L'une des premières tâches à effectuer dans le cadre d'une recherche administrative consiste à répertorier les personnes ou les institutions susceptibles de détenir les informations souhaitées. Une liste et un bref exposé de certaines sources d'informations types sont fournis ci-après.

Autorités gouvernementales

II.8. Cette catégorie englobe toutes les branches ou tous les niveaux du gouvernement dotés d'une autorité quelconque pour exécuter des fonctions liées à la sûreté et à la sécurité des sources radioactives. Il peut s'agir de ministères ou de services gouvernementaux, d'autorités compétentes, d'organismes de réglementation ou bien d'autorités régionales ou locales. Cette catégorie peut

inclure les personnes responsables de domaines tels que la sûreté radiologique, l'énergie nucléaire, la santé, l'environnement, l'industrie, les mines, l'agriculture, les transports, l'éducation, les douanes et la police. Des précautions particulières doivent être prises si le pouvoir et les responsabilités ont changé de mains à un moment donné dans le passé. Transfert de pouvoir n'est pas toujours synonyme de transfert des dossiers correspondants, comme l'illustre l'encadré II.1. Des lacunes peuvent également se présenter au niveau du contrôle réglementaire dans les États dotés d'une organisation fédérale si on ne distingue pas nettement les responsabilités exercées au niveau de l'État de celles exercées au niveau fédéral. Le processus d'évaluation d'un problème concernant une source orpheline et les enseignements tirés d'expériences du passé peuvent aider à repérer des lacunes dans les informations.

**Encadré II.1. Conséquences d'un changement au niveau de l'autorité
de réglementation : Goiânia (Brésil)**

L'accident de Goiânia (Brésil) [2], en 1987, a impliqué une source de catégorie 1, à savoir un appareil de radiothérapie externe. La Commission nationale de l'énergie nucléaire (CNEN) était chargée de délivrer les licences pour toute nouvelle installation de radiothérapie et son personnel de radioprotection comprenant des plans d'installation, la documentation relative à la sûreté radiologique, les dispositions d'examen des personnels et les plans d'urgence. Les licences accordées par la CNEN sont soumises à un certain nombre de conditions, avant tout à ce que la CNEN soit informée de tout changement concernant les matières, par exemple, si le déplacement ou le stockage définitif de sources est souhaité. Ainsi, lorsque la clinique a été inaugurée en 1971, tous les contrôles nécessaires étaient en place.

L'inspection de ce type d'installations médicales incombait ensuite au Ministère fédéral de la santé jusqu'en janvier 1976, date à laquelle elle est passée sous la responsabilité des secrétaires d'État à la santé, suite à un décret mal connu. Ainsi, les inspections et les programmes de contrôle mis en place ou exécutés ont été très différents d'un État à l'autre. Bien que la responsabilité première de sûreté ait été dévolue au titulaire de la licence, un programme d'inspection approprié pour une source de catégorie 1 aurait dû révéler le problème avant qu'il ne provoque un accident.

Suite à l'accident, un système imposant aux titulaires de licences de faire des rapports de routine sur les sources sous leur contrôle a été introduit.

II.9. Les autorités gouvernementales ont généralement des informations sur les autorisations et les licences actuelles et anciennes, sur les demandes de licences et les rapports d'inspection, ainsi que sur les transferts récents et plus anciens de sources et les événements impliquant des sources. Elles disposent également des inventaires de sources en leur possession ou sous leur contrôle.

II.10. La question de la nécessité d'une collaboration internationale entre les gouvernements doit se poser lors de la recherche d'informations, car des sources peuvent être déplacées au-delà des frontières et le gouvernement d'un État limitrophe est susceptible, par exemple, de détenir les informations nécessaires concernant une source trouvée. Étant donné la probabilité de transferts transfrontaliers de sources, les informations concernant les sources égarées considérées comme dangereuses doivent être communiquées aux États limitrophes. Les États signataires de la Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire et de la Convention sur l'assistance en cas d'urgence nucléaire ou radiologique [47] doivent, le cas échéant, fournir de telles informations.

Organisations non gouvernementales et internationales

II.11. Nombre d'organisations non gouvernementales et internationales ont connaissance de l'existence de sources radioactives et sont concernées par celles-ci. Il peut s'agir des diverses organisations liées à un mode de transport, des organisations et groupements professionnels, des organisations de support technique et des associations commerciales ou groupes industriels. Le type de données en leur possession varie considérablement et elles peuvent être soumises à des restrictions de disponibilité et d'utilisation. Il faut malgré tout contacter ces organisations si l'on pense qu'elles sont susceptibles de détenir les informations nécessaires.

II.12. L'AIEA a créé un catalogue international des appareils et sources radioactives scellées (ICSRS), destiné à être utilisé par les États Membres. L'ICSRS est un recueil d'informations et de spécifications techniques sur les sources radioactives, sur les dispositifs, les fabricants et les distributeurs. Sans être exhaustif, ce catalogue recensait plus de 20 000 entrées (sources et dispositifs) en 2010 et il fait constamment l'objet d'actualisations. L'accès à ce catalogue est accordé au cas par cas et requiert l'accord de l'autorité gouvernementale de l'État Membre. D'autre part, un manuel [48] fournit un résumé plus maniable du catalogue en accès libre. L'objectif est d'aider à repérer les sources et dispositifs radioactifs souvent utilisés, ainsi que des paquets contenant des matières radioactives. Le degré de précision du manuel tient compte de la nécessité de restreindre la diffusion d'informations vers les personnes mal intentionnées.

II.13. Outre le catalogue des sources de l'AIEA et le manuel [48], un kit d'outils de communication contenant des fiches d'informations et des brochures [37] a été publié pour faciliter le repérage initial de sources et dispositifs radioactifs et de paquets contenant des matières radioactives par des non-spécialistes, personnes

ou organisations, susceptibles de se trouver à leur contact de façon fortuite ou dans le cadre de leur travail.

Utilisateurs et propriétaires

II.14. Les utilisateurs et les propriétaires des sources ont des informations sur les sources qu'ils détiennent actuellement, mais sont également susceptibles d'avoir des documents ou des archives sur des sources dont ils ont été propriétaires ou qu'ils ont utilisés dans le passé, et qui se trouvent maintenant dans d'autres installations, ou ont été envoyées par bateau ou transférées vers d'autres installations. Par ailleurs, ils peuvent être en possession de sources dans leurs propres installations sans le savoir. Ce cas de figure se produit par exemple lorsque les personnes responsables de la source prennent leur retraite, changent de poste ou pour une autre raison. Les utilisateurs de sources sont également susceptibles de connaître d'autres utilisateurs de sources ou de dispositifs radioactifs similaires dans leur secteur industriel ou d'activités.

Fabricants et fournisseurs

II.15. Étant donné la nature de leur activité, les fabricants et fournisseurs de sources radioactives détiennent un grand nombre d'archives sur leurs produits. Ces derniers n'incluent pas uniquement des spécifications de conception, mais indiquent aussi les endroits où les sources ont été expédiées ou installées.

Archives d'entreposage et de stockage définitif

II.16. Les archives d'installations d'entreposage ou de stockage définitif de déchets radioactifs doivent être consultées et comparées aux informations actuelles sur les utilisateurs de sources radioactives. Il faut effectuer des recherches dans les archives des organisations ayant fourni des sources à l'installation nationale d'entreposage de déchets radioactifs ou à l'installation de stockage définitif (si elle existe). En comparant cette liste avec la liste actuelle des organisations connues pour utiliser des sources radioactives, on peut repérer des organisations susceptibles de détenir des sources qui ne sont pas enregistrées.

Membres du personnel

II.17. Outre les archives officielles décrites aux paragraphes II.8 à II.16, il faut se rappeler que les personnes qui travaillent dans ces organisations ont des souvenirs personnels ou peuvent être en possession d'archives

personnelles susceptibles d'être utiles dans le cadre de certaines recherches. Même si la mémoire humaine est faillible, ces personnes peuvent être capables de fournir une information-clé qui révélerait la présence possible d'une source dont on n'a aucune trace écrite. Même des ouï-dire et des rumeurs peuvent être utiles dans le cadre d'une recherche de sources.

II.18. Certains membres du personnel n'acceptent de discuter des aspects du contrôle de sources susceptibles de ne pas avoir rempli les exigences réglementaires ou de les avoir violées qu'à condition d'être assuré de l'anonymat ou de l'immunité face aux poursuites judiciaires. Ceci peut par exemple être le cas lorsqu'il s'agit de confirmer des informations sur des sources abandonnées ou mises au rebut illégalement.

Pionniers

II.19. Les personnes qui ont été les premières à travailler avec des matières radioactives dans un État particulier constituent un sous-groupe très spécial de témoins que l'on doit interviewer dans le cadre de certaines recherches, en particulier s'il s'agit d'une recherche dont l'objectif est de créer un registre des sources. Il est particulièrement important d'exploiter cette source d'informations avant la disparition des personnes concernées.

Proches, voisins et amis

II.20. Ils constituent une source d'informations particulièrement importante dans le cadre de la recherche d'une source ayant entraîné des radiolésions, en particulier si la personne blessée est en état d'incapacité ou si elle est décédée. Proches, voisins et amis peuvent être en mesure de fournir des informations spécifiques sur la manière dont la personne a été en contact avec la source et à quel endroit. Elles peuvent également fournir des informations générales sur les habitudes de la personne blessée ou décédée, ainsi que sur toute autre personne susceptible d'avoir été exposée. Ces problèmes doivent être abordés avec tact dans la mesure où les personnes interrogées sont elles-mêmes susceptibles d'avoir été exposées et de devoir être traitées. Elles peuvent présenter des symptômes moins visibles et ne pas en connaître la cause.

Le public

II.21. Le grand public est un groupe cible qu'il faut aborder avec précaution. Bien que les citoyens puissent fournir des renseignements sur une source dont la disparition est connue, certaines personnes sont facilement effrayées par des

thèmes tels que les rayonnements ou les matières radioactives. Pour cette raison, il faut limiter le nombre de fois où l'on interroge les citoyens ; ces questions ne doivent être posées qu'au moment de la création du registre des sources et lorsqu'il est nécessaire d'avertir le public des dangers possibles que représente une source perdue.

Méthodes

II.22. Les méthodes utilisées pour collecter des informations dans le cadre d'une recherche administrative peuvent être classées en trois grands groupes, notamment : recherche d'informations par le biais des médias, recherches de dossiers et interviews. La méthode appropriée à chaque circonstance dépend de la raison pour laquelle on effectue la recherche et de son champ d'application. Chacune de ces méthodes est passée en revue dans cette section, avec quelques commentaires sur sa mise en pratique possible. Une recherche administrative est une enquête et, en tant que telle, elle suppose de trier des informations fournies spontanément suite aux appels, de consulter des documents officiels et d'analyser des entretiens personnels avec toutes les personnes susceptibles de coopérer.

Les médias

II.23. Journaux, radio, télévision et affiches sont des atouts importants dans le cadre des recherches administratives. Ils sont particulièrement utiles dans la recherche d'informations pour permettre la création d'un registre de sources. Les appels par le biais des médias à quiconque détient des matières radioactives de le notifier à l'organisme de réglementation ou à tout autre organisme gouvernemental approprié (en fournissant les contacts appropriés) peut être la méthode la plus rapide et la plus facile pour collecter une grande quantité d'informations de base afin de créer un registre national. L'appel initial à informations est d'autant plus efficace qu'il n'est lié à aucun facteur dissuasif susceptible d'inciter à ne pas fournir de données (comme la nécessité d'acquitter des frais de licence).

II.24. Les médias jouent également un rôle très important lorsque l'on sait qu'une source dangereuse (de catégorie 1, 2 ou 3) a disparu. Une description ou une photo de la source et le trèfle, symbole de mise en garde contre les rayonnements, ainsi que les informations sur le risque encouru et sur les mesures à prendre en cas de découverte de la source, peuvent être fournis à un très grand nombre de gens, très simplement et très rapidement. Un exemple concret serait la poursuite d'un véhicule volé transportant une source de radiographie industrielle. Dans ce genre de situation, il est souvent bénéfique de recourir aux médias pour communiquer

au grand public et aux voleurs des détails et des images sur le dispositif radioactif volé. La propagation des informations via les médias d'information sur un dispositif contenant une source radioactive a quelquefois eu pour effet que les voleurs ont abandonné le dispositif et de façon anonyme indiqué aux autorités l'endroit où le trouver.

II.25. Les annonces dans les médias sur les sources dangereuses disparues permettent également d'informer les médecins sur les signes et symptômes d'irradiation et leur indiquent un contact.

Recherches de dossiers

II.26. Dans ce contexte, les dossiers se composent de documents écrits et de dossiers électroniques. Les archives incluent des dossiers, des « passeports sanitaires »², des relevés, des index ou des cartes de données et des impressions. Les dossiers électroniques sont des textes, des feuilles de calcul et des fichiers de base de données stockés sur le disque dur d'un ordinateur particulier ou sur d'autres ordinateurs accessibles via Internet, ou sur bande magnétique, disques amovibles ou supports de mémoire flash. Les types de dossiers à étudier sont : les autorisations, les enregistrements, les licences, les rapports d'inspection, les rapports de transport, les permis d'importation et d'exportation, les dossiers sur les paiements de droits, les relevés douaniers, les inventaires, les catalogues de fabricants, les bons de commandes, les rapports d'incidents, les rapports médicaux, les enregistrements des dosimètres, les commandes de travaux et les archives de stockage définitif de déchets radioactifs.

II.27. Effectuer des recherches dans de nombreuses archives peut prendre beaucoup de temps et coûter beaucoup d'efforts. Pour ces raisons, ces recherches de grande envergure ne sont pas des tâches routinières, mais sont plutôt typiques de recherches ciblées et conscientes visant à trouver une information particulière. Dans une recherche ciblée, en général, un grand nombre de données sont examinées superficiellement jusqu'à ce que l'on atteigne le sujet visé, que l'on examine ensuite en détail. Le sujet visé peut être une certaine période, un type particulier de source, ou une industrie, un secteur ou un groupe spécifique.

II.28. Nombre d'informations utiles, allant des catalogues de fabricants de sources aux rapports sur les incidents impliquant des sources, sont disponibles sur Internet.

² Documents officiels délivrés dans les États de l'ancienne URSS comme partie intégrante du processus d'autorisation pour les installations et les activités impliquant tout risque réglementé, incluant des sources radioactives.

Toutefois, il faut les utiliser avec précaution, comme toutes les informations trouvées sur Internet. Un exemple d'utilisation novatrice d'Internet dans le cadre de recherches (également faisables en consultant les pages jaunes de l'annuaire téléphonique) est de chercher des entreprises qui fournissent des services ou exercent dans un secteur industriel utilisant généralement des sources radioactives. Par exemple, il serait facile de répertorier toutes les entreprises d'embouteillage de bière ou de sodas (bouteilles ou cannettes) dans l'État et de trouver leur adresse. Étant donné que nombre d'entre elles utilisent des sources au niveau des jauges de niveau de remplissage, il peut être indiqué de se rendre sur place et de demander si elles utilisent ce type de sources. Les entreprises à interroger dans le cadre de cette recherche dépendent des industries types de la région.

Interviews

II.29. Les interviews peuvent se faire par téléphone, messagerie électronique, ou même en utilisant des questionnaires standardisés. Il est généralement nécessaire de procéder à des interviews dans le cadre de toutes les recherches pour obtenir des informations de la plupart des groupes cibles, notamment des utilisateurs et propriétaires, des membres du personnel, des pionniers dans les domaines d'application des sources radioactives, des proches et amis. Quelques questions standard doivent être mises au point pour tous les interviews ; puis elles doivent être suivies de questions spécifiques au groupe cible ou à la recherche jusqu'à l'obtention d'une compréhension satisfaisante de la situation.

II.30. Les interviews peuvent être utilisées de façon très variée et innovante pour collecter des données. Par exemple, au cours d'une recherche de sources de routine, une personne travaillant dans une entreprise de radiographie industrielle pourrait se voir demander la liste des concurrents de l'entreprise. En général, chaque entreprise connaît les autres entreprises du même secteur implantées dans l'État ou la région. Si une entreprise concurrente ne figure pas sur la liste des titulaires de licence de l'organisme de réglementation, une visite sur les lieux s'imposera et il faudra demander aux dirigeants si l'entreprise détient des sources radioactives. Dans ce type de situations, des recherches physiques peuvent également être nécessaires.

RECHERCHES PHYSIQUES

II.31. Une recherche physique suppose la mise au point d'un plan de recherche, puis une équipe de recherche composée d'une ou de plusieurs personnes se rend

sur les lieux pour localiser physiquement les sources radioactives, visuellement et à l'aide de détecteurs de rayonnements. D'ordinaire une recherche administrative précède la recherche physique. Toutefois un programme de recherche est un processus répétitif et, dans certaines circonstances, une recherche physique peut démarrer au même moment que la recherche administrative, voire avant. Étant donné que les équipes de recherche peuvent se retrouver confrontées à des sources radioactives, il faut songer à la nécessité de prendre des mesures de radioprotection pour ces personnes.

II.32. On peut qualifier les recherches physiques de passives ou d'actives. Les recherches passives sont celles où l'équipe de recherche et les détecteurs sont essentiellement fixes. Les détecteurs sont placés dans des lieux précis et une alarme est paramétrée pour se déclencher lorsqu'une source passe à proximité. Les recherches actives sont celles où les équipes de recherche utilisent des instruments mobiles et se déplacent vers les sources qu'elles essaient de trouver.

II.33. De même on peut distinguer les détecteurs de rayonnements fixes et les détecteurs de rayonnements mobiles. Les détecteurs fixes sont généralement utilisés dans le cadre de recherches passives, les détecteurs mobiles dans le cadre de recherches actives, mais il existe des exceptions. Ainsi, un détecteur de rayonnements portatif peut être utilisé aussi bien dans des recherches passives qu'actives.

II.34. Les détecteurs de rayonnements fixes sont souvent du type portique, devant ou par lequel véhicules, personnes, conteneurs ou autres objets passent. Ils peuvent également être installés par exemple sur le grappin d'une casse, au-dessus ou au-dessous de la courroie d'un convoyeur, ou fixé à un mur comme moniteur de rayonnements dans la pièce.

II.35. Les types de détecteurs de rayonnements mobiles incluent :

- les dosimètres de poche avec fonction d'alarme ;
- les détecteurs portatifs ;
- les détecteurs embarqués sur véhicule pour enquêtes depuis la route ;
- les détecteurs sensibles fixés à un avion pour enquêtes depuis les airs.

II.36. Les détecteurs utilisés dans le cadre de recherches physiques servent la plupart du temps à mesurer uniquement des rayonnements gamma, mais neutrons, rayons bêta et alpha sont également mesurés dans certaines circonstances.

II.37. Des détails complémentaires sur les différents types de détecteurs de rayonnements utilisés pour les recherches physiques, ainsi que leurs limites et applications sont indiquées dans les références [30, 49].

II.38. Les équipes effectuant des recherches physiques actives et passives, et celles susceptibles d'être contactées pour intervenir en cas de détection de rayonnements, doivent être formées à utiliser l'équipement de détection des rayonnements et doivent recevoir une formation de base en sûreté radiologique couvrant au moins l'importance d'optimiser la radioprotection et de maintenir les doses à un niveau inférieur aux limites de doses et aux niveaux de référence définis. La formation doit couvrir les points suivants : utilisation correcte des appareils de détection, stratégies de recherche efficaces, aspect de sources individuelles et de conteneurs ou dispositifs blindés, susceptibles de contenir des sources [48], et actions qui s'imposent en cas de détection de sources.

Recherches passives

II.39. Dans le cadre de recherches passives de sources radioactives qui ne sont pas sous contrôle, les détecteurs appropriés sont placés aux endroits appropriés. Les caractéristiques des détecteurs à utiliser dépendent du type et de l'activité des sources recherchées. La détection passive est très communément utilisée dans le cadre de recherches de sources non spécifiques de routine.

II.40. L'endroit le plus approprié pour installer un détecteur de rayonnements passif est un point nodal. Il s'agit d'un endroit où se concentrent les flux de marchandises, de véhicules ou de personnes, et en particulier des passages de frontières (et autres ports d'entrée), des tunnels et des installations de recyclage de la ferraille. L'installation de systèmes de surveillance pour les recherches passives au niveau des installations de recyclage de la ferraille est presque toujours justifiée (voir paragraphe 2.57), alors que la surveillance des frontières est plus complexe et requiert une évaluation attentive.

Surveillance des frontières

II.41. La surveillance des frontières peut servir à plusieurs choses, y compris à effectuer des recherches passives de sources [29, 49]. La surveillance des frontières s'effectue normalement sous la responsabilité d'organisations autres que l'organisme de réglementation, comme les autorités douanières, les gardes-frontières et les autorités des ports. La surveillance des frontières peut s'avérer utile entre autres pour :

- détecter des sources orphelines ;
- détecter le trafic illicite ;
- décourager le trafic illicite ;
- protéger les gardes-frontières et le personnel douanier contre les rayonnements ;
- détecter les denrées contaminées.

II.42. Il faut prendre en compte l'importance et le niveau de priorité relatifs accordés sur le plan national à chacune de ces tâches avant de décider s'il faut installer des systèmes de surveillance des frontières, où les installer et quels types d'équipement utiliser. Parmi les autres facteurs à prendre en compte, citons :

- le niveau de menace émanant des sources orphelines, du trafic illicite ou des denrées contaminées ;
- le nombre et le type de ports d'entrée dans l'État (passages frontaliers, ports et aéroports) ;
- les ressources disponibles ou faciles à obtenir ;
- la perception politique et publique de la surveillance des frontières.

II.43. Certains États peuvent compter des centaines de passages frontaliers et d'autres ports d'entrée ; il faut également tenir compte de l'endroit où les itinéraires des passagers et des marchandises se séparent. Couvrir l'intégralité des itinéraires possibles peut être un véritable défi sur le plan pratique. Installer des détecteurs fixes au niveau des ports d'entrée où circulent de très gros volumes de marchandises, ou sur les itinéraires à haut risque, apporte clairement le retour sur investissement le plus élevé. Dans certaines situations, il est clair qu'une surveillance des frontières s'impose ; dans d'autres cas, cette nécessité est moins apparente. Si empêcher des sources orphelines d'entrer dans l'État s'est vu accorder un niveau de priorité élevé et si les données ont mis en évidence qu'une grande partie de la ferraille entre dans l'État via un ou deux ports particuliers, il faut veiller à installer un nombre suffisant de détecteurs du type qui convient au niveau de ces ports. Toutefois, pour remédier à ces problèmes, une évaluation de la menace doit être effectuée et une stratégie mise au point pour définir les possibilités de contrôle radiologique aux frontières.

Recherches actives

Recherches de sources spécifiques

II.44. Le premier élément de toute recherche ciblée de source orpheline est la mise en place d'un plan de recherche systématique. Ce plan de recherche doit spécifier :

- les objectifs poursuivis ;
- les limites de la recherche (géographiques ou temporelles) ;
- le radionucléide, ou la gamme de radionucléides, à rechercher ;
- les limites des fonctions de détection de l'équipement ;
- les méthodes de surveillance (détecteurs portatifs, détecteurs embarqués sur véhicule ou relevés aériens) à utiliser ;
- les procédures à suivre en cas de détection d'une source (y compris pour assurer une radioprotection et le transport sécurisé, l'entreposage provisoire et le stockage définitif de la source et, en cas de suspicion d'une activité criminelle, pour garantir la prise en compte des aspects médico-légaux [50]) ;
- les responsabilités et mécanismes de coordination des différentes parties impliquées dans la recherche ;
- l'octroi de ressources humaines et financières ;
- les critères d'arrêt de la recherche (voir paragraphes II.52 et II.53).

II.45. Les efforts déployés pour localiser une source commencent généralement à la dernière adresse connue et consistent en une recherche active dans les limites de l'installation en question. Une recherche administrative doit être effectuée pour récapituler l'enchaînement des événements dont on sait qu'ils ont contribué ou pu contribuer à la perte de la source. Il faut collecter des informations le plus tôt possible auprès de tous les travailleurs et des cadres impliqués, avant que les souvenirs ne s'effacent, pour pouvoir repérer les lieux possibles (voir encadré II.2) ou les itinéraires de la source radioactive.

Encadré II.2. Sources de curiethérapie égarées dans un hôpital

Étant donné leur petite taille, les sources de curiethérapie peuvent se retrouver coincées dans le linoléum des couloirs ou dans les passages où les sources ou les patients-porteurs sont transférés d'une salle de soins au bloc opératoire. D'ordinaire, on retrouve les sources de curiethérapie perdues :

- dans les lavabos et toilettes annexes aux salles de soins et à leur réseau d'égouts ;
- aux abords de l'hôpital ;
- au niveau des sites de collecte de déchets solides, des fosses septiques et dans les usines d'incinération ;
- toujours implantées chez des patients sortis de l'hôpital.

II.46. Si la source orpheline ne peut pas être localisée sur le site d'origine, la recherche doit être approfondie et inclure d'autres endroits possibles (encadré II.3). En outre, il faut étudier les itinéraires et les moyens de transport reliant ces endroits, ainsi que les destinations finales possibles, et les explorer. En cas de présence de frontières à proximité, il est possible de tirer parti de tous les moniteurs passifs installés. Dans tous les cas, il est recommandé, voire obligatoire pour les États signataires des Conventions sur la notification rapide et sur l'assistance, d'informer les autorités compétentes des États environnants [47].

Encadré II.3. Recherche d'une source radiographique : Yanango (Pérou) [51]

En 1999, un soudeur et son assistant effectuaient des travaux de réparation sur une canalisation de 2 m de diamètre. À 11 h 30 environ, un radiographe est arrivé, accompagné de son assistant, pour faire une radiographie de la soudure dès la fin des travaux. Ils ont déposé leur conteneur de matériel radiographique près de la canalisation. Suite à des problèmes au niveau du matériel d'essais aux ultrasons, le radiographe a quitté le site pour aller chercher du matériel de remplacement. Il est revenu à 22 heures et a commencé la radiographie. Le développement des films a montré qu'aucun de ces derniers n'avaient été exposé à des rayonnements. Puis des vérifications ont permis d'établir que la source ne se trouvait pas à proximité immédiate de la canalisation. Une explication possible du déplacement de la source est qu'elle se soit trouvée déconnectée du câble de commande, qu'elle soit tombée à terre et ait été ramassée par un autre ouvrier auquel elle aurait paru intéressante. Toutes les personnes qui avaient travaillé sur le site ce jour-là, à commencer par celles qui s'étaient tenues près du conteneur de la source, ont été interrogées chez elle. Un moniteur de rayonnements a détecté la source lorsque l'on s'est approché de la maison du soudeur et la source a pu être récupérée.

II.47. Si une recherche a été initiée suite à la constatation d'effets sanitaires dus aux rayonnements, une enquête auprès des personnes affectées doit fournir des indications utiles sur l'endroit où lancer la recherche.

II.48. Les informations obtenues lors de la recherche initiale doivent permettre de décider s'il faut étendre la recherche au-delà de la zone immédiate ou de l'endroit présumé où se trouvait la source. Dans un tel cas, il convient de se demander s'il n'est pas souhaitable de décomposer la recherche en plusieurs étapes, pour pouvoir réévaluer le plan de recherche en fonction des découvertes faites.

II.49. À partir du moment où l'on a réellement perdu le contrôle de la source, plus le temps passe, plus il est probable que la source orpheline soit déplacée. Si de simples recherches locales ne permettent pas de la localiser, il faut évaluer les aspects suivants :

- la distance potentiellement parcourue par la source ;
- l'ampleur des recherches susceptibles d'être nécessaires, en fonction du déplacement possible et de l'historique de la source ;
- les ressources nécessaires à de telles recherches ;
- les différents scénarios finals, y compris les critères d'abandon de la recherche (voir paragraphes II.52 et II.53) ;
- les conséquences possibles si l'on ne retrouve pas la source.

Campagnes de recherche de routine

II.50. Les recherches de routine pour les sources sont généralement des recherches passives. Toutefois, les recherches de routine peuvent également être actives. Donnons un exemple : au cours d'une inspection de routine des locaux d'un utilisateur autorisé, on peut passer davantage de temps à circuler dans les zones de stockage et dans les caves muni d'un détecteur de rayonnements pour détecter la présence éventuelle d'autres sources, voire de sources dont même l'utilisateur n'aurait pas connaissance.

II.51. Les recherches physiques générales et actives ne sont pas recommandées sauf s'il existe des raisons de penser que des sources puissent être présentes dans une zone particulière de l'État ou sur un site particulier. Ce type de recherches sont généralement très onéreuses, notamment si elles font appel à un grand nombre de personnes ou à des relevés aériens. En outre, l'expérience a montré qu'elles ne sont pas particulièrement efficaces pour récupérer des sources. L'encadré II.4 fournit un exemple de situation dont on a jugé qu'elle justifiait une recherche physique active générale.

Encadré II.4. Utilisation de relevés aériens : Géorgie

L'AIEA assiste la Géorgie dans son programme de sûreté radiologique depuis plusieurs années, notamment depuis l'accident de Lilo survenu en 1997. Des gardes-frontières ont été victimes de lésions provoquées par une exposition à des rayonnements émanant de sources abandonnées [4]. Le Ministère géorgien de l'environnement a commencé à assainir le territoire avec l'aide de l'AIEA, qui a organisé des formations et fourni du matériel dans le cadre de son programme de coopération technique.

Pendant une recherche de sources orphelines effectuée par les autorités géorgiennes en 1998, quatre sources de strontium ont entre autres été découvertes. Chacune d'elles avait une activité d'environ 1 500 TBq (40 000 Ci).

Étant donné la probabilité d'existence d'autres sources orphelines dangereuses, la Géorgie a demandé à l'AIEA de l'aider à rechercher ces sources. Des réunions préparatoires aux recherches ont eu lieu en Géorgie et à Vienne, pour examiner la situation et mettre au point une stratégie. Les autorités géorgiennes ont délimité la zone sur laquelle faire porter les recherches. Toutefois, le budget n'était pas suffisant pour permettre des recherches sur cette vaste zone avec le système de détection nécessaire (matériel et personnes). Comme solution de compromis, les participants français au projet ont proposé une stratégie consistant à concentrer les recherches sur les zones les plus densément peuplées de la zone définie initialement. En tenant compte de la sensibilité du système de détection et de la durée de sa mise à disposition pour cette opération, des zones peuplées à surveiller et du niveau d'exposition accepté par les autorités géorgiennes, on est arrivé à un compromis sur le niveau d'activité au-delà duquel la population ne devait pas être exposée. L'AIEA et la Géorgie ont accepté la stratégie. L'équipe de recherche française a utilisé un système de *mapping gamma* aéroporté du nom d'HELINUC installé sur un hélicoptère mis à disposition par les autorités géorgiennes. Les paramètres de vol de l'hélicoptère ont été déterminés conformément aux termes du compromis. Les données (spectre et position) ont été enregistrées en vol et traitées après atterrissage. Les résultats des vols d'une journée donnée ont été fournis le jour-même, sous forme de carte, au représentant de l'AIEA chapeautant la mission. Les cartes sur lesquelles les résultats étaient facilement lisibles permettaient de prendre les décisions concernant les activités du jour suivant.

Pendant l'opération, l'hélicoptère a volé 81 heures équipé du système de détection, a couvert une surface de recherche de 1 200 km², et une source de césium d'environ 100 MBq a été détectée dans une zone peuplée près de la ville de Poti. L'équipe géorgienne s'est chargée de récupérer la source de césium en recourant aux possibilités locales.

Deux autres sources de strontium de forte activité ont été découvertes à la fin de 2001 suite aux lésions graves radio-induites dont trois bûcherons ont été victimes. Ces sources ont été récupérées en février 2002. D'autres contrôles radiologiques de surface (à pied, à cheval ou en voiture) ont ensuite été effectués en juin 2002 pour rechercher deux autres sources de strontium orphelines, présumées présentes dans l'État.

RITÈRES D'ABANDON D'UNE RECHERCHE

II.52. Décider quand mettre fin à une recherche infructueuse est l'une des décisions les plus difficiles à prendre. Elle dépend de nombreux facteurs, notamment :

- de l'existence d'indices utiles ou de pistes encore inexploitées ;
- de la catégorie de la source ;
- des conséquences probables si la source est découverte par un citoyen non averti ;
- de la demi-vie (période radioactive) et de l'activité de la source et du temps qui s'est écoulé depuis sa perte ;
- de la probabilité pour que la source se trouve à un endroit inaccessible au public ;
- du besoin d'utiliser les ressources disponibles dans le cadre d'autres tâches ;
- de la pression publique et politique et de l'inquiétude générale.

II.53. Dans le passé (voir encadrés II.5 et II.6), il y a eu des cas où l'on a fait des recherches à tous les endroits qui s'imposaient immédiatement d'une part, et où l'on a eu d'autre part de forts indices que des conséquences sérieuses seraient peu probables. Toutefois, il y a eu d'autres cas où les points finals possibles n'étaient pas bien définis et où l'ampleur des conséquences possibles était considérable et on a donc poursuivi les recherches (voir encadré II.7).

Encadré II.5. Exemple de décision d'abandon d'une recherche : Inde

Une source de radiographie industrielle d' ^{192}Ir désintégrée qui avait été emballée et transportée dans un appareil de radiographie industriel avait été égarée par le porteur et n'avait pas été reçue par son destinataire. Une recherche détaillée a révélé que le paquet, apparemment en bon état, avait été expédié à une destination incorrecte par le bureau de fret. Comme personne ne l'avait réclamé ni n'était venu le chercher, il a été envoyé dans l'une des zones de stockage du transporteur. Cet événement a fait l'objet d'un suivi, mais après plusieurs mois de contrôle des différentes zones de stockage du transporteur, on a décidé d'abandonner la recherche. Les principaux facteurs ayant motivé cette décision sont les suivants :

- La source présentait dès le départ une faible activité, qui s'était encore réduite avec le temps depuis qu'elle avait été perdue (la demi-vie de l' ^{192}Ir est de 74 jours).
- Tous les documents concernant le paquet indiquaient qu'elle n'avait pas été vendue aux enchères ni mise au rebut d'une autre manière.
- D'après les documents disponibles, il ressortait que le paquet était en bon état et qu'il n'avait pas été ouvert.
- La source se trouvait à l'intérieur d'un appareil de gammagraphie industriel utilisable uniquement par une personne formée.
- Étant donné que le transporteur avait de nombreuses zones de stockage, le « traçage » du paquet aurait coûté beaucoup d'efforts, de temps et d'argent supplémentaires. La dose à laquelle une personne non habilitée ouvrant le paquet aurait été soumise ne justifiait pas la poursuite de la recherche.

Le paquet a fini par être localisé dans le bureau de fret de départ, plusieurs mois après. L'emballage n'avait pas été ouvert et la source était toujours intacte.

Encadré II.6. Cas d'une recherche qui n'a pas permis de retrouver une source et a été abandonnée : Royaume-Uni

En mai 2000, une entreprise de fabrication de ouate de polyester destinée à être utilisée sur le marché de la literie et de l'ameublement a annoncé la perte d'une source d' ^{241}Am de 11,1 GBq qui servait à mesurer l'épaisseur de la ouate. Des recherches menées dans le voisinage à l'aide d'un équipement de contrôle ont confirmé que la source n'était pas dans les locaux de l'entreprise. La source avait été installée sur une machine de production qui avait été démontée et vendue à une entreprise de recyclage de métal en octobre 1999. Les deux machines restantes comportaient toujours leur source radioactive, mais on a remarqué que les marquages signalant que ces conteneurs contenaient une source radioactive étaient presque complètement effacés. On en a conclu qu'il y avait une très forte probabilité que la source ait été envoyée dans l'usine de recyclage du métal. Bien que cette dernière ait été équipée d'un détecteur de rayonnements de type portique, les rayonnements gamma de basse énergie émanant de l' ^{241}Am et l'effet protecteur du bouclier en acier permettaient de penser que la source n'aurait pas été détectée. Il n'existait pas de preuve de contamination sur le parc de ferraille. Les personnes et les entreprises de l'industrie du recyclage susceptibles d'avoir reçu la matière ont été informées, mais aucune n'a signalé de problème.

On en a tiré les conclusions suivantes :

- La source avait probablement été fondue à un endroit inconnu.
- La plus grande partie de l' ^{241}Am aurait été dans les scories et par conséquent auto-blindée.
- Les conséquences radiologiques potentielles pour les travailleurs et le public étaient très faibles.
- Il fallait mettre un terme aux recherches.

Encadré II.7. Exemple de décision de poursuite des recherches : Inde

Une source de diagraphie de puits a été volée dans une pièce de stockage. Des recherches détaillées, des enquêtes et des interrogations ont révélé que la source volée avait été jetée dans une rivière à proximité. Étant donné le poids de la sonde dans lequel la source était logée, elle s'était apparemment enfoncée dans le sédiment. Des efforts importants, mais vains, ont été déployés pour localiser la position de la sonde et de la source sous l'eau. Toutefois, après une évaluation, il a été décidé de poursuivre les recherches pour les raisons suivantes :

- La localisation approximative de la source était connue et ce lieu était accessible au public.
- Il serait possible de récupérer le contrôle de cette source, même si les recherches requièrent des efforts, du temps et de l'argent.
- La demi-vie de la source était de 450 ans.
- Le risque lié aux recherches de la source était négligeable.
- Les recherches ont été poursuivies jusqu'à la récupération de la source.

RÉFÉRENCES

- [1] COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD NUCLEAR Y SALVAGUARDIAS, Accidente por contaminación con cobalto-60, Rep. CNSNS-IT-001, CNSNS, Mexico City (1984).
- [2] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, L'accident radiologique de Goiânia, AIEA, Vienne (1990).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Tammiku, IAEA, Vienna (1998).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Lilo, IAEA, Vienna (2000).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Istanbul, IAEA, Vienna (2000).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Samut Prakarn, IAEA, Vienna (2002).
- [7] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Glossaire de sûreté de l'AIEA, Terminologie employée en sûreté nucléaire et en radioprotection, Édition 2007, AIEA, Vienne (2007).
- [8] Safety of Radiation Sources and Security of Radioactive Materials (Proc. Int. Conf. Dijon, 1998), IAEA, Vienna (1999).
- [9] National Regulatory Authorities with Competence in the Safety of Radiation Sources and the Security of Radioactive Materials (Proc. Int. Conf. Buenos Aires, 2000), C&S Papers Series No. 9/P, IAEA, Vienna (2001).
- [10] Security of Radioactive Sources (Proc. Int. Conf. Vienna, 2003), IAEA, Vienna (2003).
- [11] Safety and Security of Radioactive Sources : Towards a Global System for the Continuous Control of Sources throughout their Life Cycle (Proc. Int. Conf. Bordeaux, 2005), IAEA, Vienna (2006).
- [12] AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MARITIME INTERNATIONALE, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT, Principes fondamentaux de sûreté, collection Normes de sûreté n° SF-1, AIEA, Vienne (2007).
- [13] AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINNE DE LA SANTÉ, Normes fondamentales internationales de protection contre les rayonnements ionisants et de sûreté des sources de rayonnements, collection Sécurité n° 115, AIEA, Vienne (1997).

- [14] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Cadre gouvernemental, législatif et réglementaire de la sûreté, collection Normes de sûreté n° GSR Part 1, AIEA, Vienne (2010).
- [15] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives, IAEA/CODEOC/2004, AIEA, Vienne (2004).
- [16] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Catégorisation des sources radioactives, collection Normes de sûreté n° RS-G-1.9, AIEA, Vienne (2011).
- [17] Convention sur la protection physique des matières nucléaires, INFCIRC/274/Rev.1, AIEA, Vienne (1980).
- [18] AGENCE DE L'OCDE POUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE, AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, BUREAU DE LA COORDINATION DES AFFAIRES HUMANITAIRES DE L'ONU, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, ORGANISATION PANAMÉRICAINE DE LA SANTÉ, Préparation et intervention en cas de situation d'urgence nucléaire ou radiologique, collection Normes de sûreté n° GS-R-2, AIEA, Vienne (2004).
- [19] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Règlement de transport des matières radioactives, Édition de 2009, collection Normes de sûreté n° TS-R-1, AIEA, Vienne (2009).
- [20] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Sécurité du transport des matières radioactives, collection Sécurité nucléaire de l'AIEA n° 9, AIEA, Vienne (2012).
- [21] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection Programmes for the Transport of Radioactive Material, IAEA Safety Standards Series No. TS-G-1.3, IAEA, Vienna (2007).
- [22] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Storage of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. WS-G-6.1, IAEA, Vienna (2006).
- [23] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Management of Waste from the Use of Radioactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education, IAEA Safety Standards Series No. WS-G-2.7, IAEA, Vienna (2005).
- [24] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Sûreté des générateurs de rayonnements et des sources radioactives scellées, collection Normes de sûreté n° RS-G-1.10, AIEA, Vienne (2008).
- [25] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL, ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE, ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ ET L'ORGANISATION PANAMÉRICAINE DE LA SANTÉ, Contrôle réglementaire des sources de rayonnements, collection Normes de sûreté n° GS-G-1.5, AIEA, Vienne (2004).
- [26] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Orientations pour l'importation et l'exportation de sources radioactives, AEA/CODEOC/IMP-EXP/2005, AIEA, Vienne (2005).

- [27] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulatory Authority Information System, RAIS software, related documentation and training material, IAEA, Vienna (2010) ; <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/regulatory-infrastructure/rais.asp>.
- [28] Illicit Nuclear Trafficking : Collective Experience and the Way Forward (Proc. Int. Conf. Edinburgh, 2007), IAEA, Vienna (2007).
- [29] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, EUROPEAN POLICE OFFICE, INTERNATIONAL POLICE ORGANIZATION, WORLD CUSTOMS ORGANIZATION, Combating Illicit Trafficking In Nuclear And Other Radioactive Material : Reference Manual, IAEA Nuclear Security Series No. 6, IAEA, Vienna (2007).
- [30] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, EUROPEAN COMMISSION, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Report on the Improvement of the Management of Radiation Protection Aspects in the Recycling of Metal Scrap, UNECE/TRADE/278, UNECE, Geneva (2002).
- [31] LUBENAU, J.O., YUSKO, J.G., Radioactive materials in recycled metals — An update, *Health Phys.* **74** 3 (1998) 293–299.
- [32] NETHERLANDS MINISTRY OF HOUSING, SPATIAL PLANNING AND THE ENVIRONMENT, Incidents Involving Radioactive Substances in 1999 and 2000, Inspectorate for the Environment — South-West, Rep. No. 17055/185, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, The Hague (2001).
- [33] Control and Management of Radioactive Material Inadvertently Incorporated into Scrap Metal (Proc. Int. Conf. Tarragona, 2009), IAEA, Vienna (2011).
- [34] CHANG, W.P., CHAN, C.-C., WANG, J.-D., ⁶⁰Co contamination in recycled steel resulting in elevated civilian radiation doses : Causes and challenges, *Health Phys.* **73** 3 (1997) 465–472.
- [35] HWANG, J.S., CHAN, C.C., WANG, J.D., CHANG, W.P. Radiation exposure modeling for apartment living spaces with multiple radioactive sources, *Health Phys.* **74** 3 (1998) 379–386.
- [36] HWANG, J.S., CHANG, J.B., CHANG, W.P. Spread of ⁶⁰Co contaminated steel and its legal consequences in Taiwan, *Health Phys.* **81** 6 (2001) 655–660.
- [37] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Les sources radioactives scellées, brochure d'information de l'AIEA, AIEA, Vienne (2005).
- [38] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Orphan Sources and Other Radioactive Material in the Metal Recycling and Production Industries, IAEA Safety Standards Series No. SSG-17, IAEA, Vienna (2011).
- [39] US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Orphan Sources Recovery Efforts, EPA, Washington, DC ;
<http://www.epa.gov/rpdweb00/source-reduction-management/recovery.html>
- [40] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, NMSS Licensee Newsletter, June–July 2001, Rep. NUREG/BR-0117, NRC, Washington, DC (2001).
- [41] COMITÉ SCIENTIFIQUE DES NATIONS UNIES POUR L'ÉTUDE DES EFFETS DES RAYONNEMENTS IONISANTS, Rapport du Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants à l'Assemblée générale, avec annexes scientifiques, Volume I : Sources, New York (2000).

- [42] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Sécurité des sources radioactives, collection Sécurité nucléaire de l'AIEA n° 11, AIEA, Vienne (2012).
- [43] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Procedures for Assessment and Response During a Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-1162, IAEA, Vienna (2000).
- [44] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Emergency Notification and Assistance : Technical Operations Manual, EPR-ENATOM, IAEA, Vienna (2007).
- [45] EUROPEAN COMMISSION, EUROPEAN POLICE OFFICE, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL CRIMINAL POLICE ORGANIZATION, INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, UNITED NATIONS OFFICE FOR THE CO-ORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS, UNITED NATIONS OFFICE FOR OUTER SPACE AFFAIRS, WORLD HEALTH ORGANIZATION, WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, Joint Radiation Emergency Response Plan of the International Organizations, EPR-JPLAN, IAEA, Vienna (2010).
- [46] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Méthode d'élaboration de mesures d'intervention en cas de situation d'urgence nucléaire ou radiologique, collection Préparation et intervention en cas de situation d'urgence, EPR-METHOD 2003, AIEA, Vienne (2009).
- [47] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Convention sur la notification rapide d'un accident nucléaire et Convention sur l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique, Collection juridique n° 14, AIEA, Vienne (1988).
- [48] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Identification des sources et dispositifs radioactifs, collection Sécurité nucléaire de l'AIEA n° 5, AIEA, Vienne (2009).
- [49] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Technical and Functional Specifications of Radiation Border Monitoring Equipment, IAEA Nuclear Security Series No. 1, IAEA, Vienna (2005).
- [50] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Forensics Support, IAEA Nuclear Security Series No. 2, IAEA, Vienna (2006).
- [51] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Yanango, IAEA, Vienna (2000).

Annexe I

CAUSES DE PERTE DE CONTRÔLE DES SOURCES RADIOACTIVES

GÉNÉRALITÉS SUR LES CAUSES DE PERTE DE CONTRÔLE

I-1. Pour élaborer une stratégie nationale, il est utile de se pencher tant sur les causes fondamentales que sur les causes spécifiques de la perte de contrôle des sources radioactives, ainsi que sur les incidents types qui se sont produits au cours d'opérations spécifiques. La perte peut être imputable à une erreur catastrophique unique ou, plus communément, à une combinaison de facteurs. Dans le passé, la plupart des pertes ont été involontaires et pour une grande part imputables à de la négligence. Toutefois, la probabilité que les sources sortent du contrôle réglementaire pour des raisons financières ou de malveillance est en augmentation. Dans certains exemples, la motivation a été le contournement des coûts de stockage définitif, les ventes illégales dans un but lucratif et le terrorisme.

I-2. En outre, de nombreux États détiennent des sources reçues en héritage. Il s'agit des sources qui étaient utilisées avant la mise en place d'une infrastructure de réglementation. Indépendamment du fait que le contrôle ait été perdu ou non, ou qu'il n'existait pas au départ, il existe des itinéraires communs aux déplacements non dirigés d'une source au sein du domaine public. Le commerce international, notamment de ferraille, rend possibles les déplacements transfrontières de sources orphelines. Ainsi, les conséquences ne se limitent pas forcément à l'État d'origine.

Causes fondamentales

I-3. Certaines des principales causes fondamentales qui ont contribué à la perte de contrôle des sources ont été l'absence ou l'insuffisance :

- de soutien gouvernemental à l'organisme de réglementation ;
- de respect par le gouvernement des recommandations internationales en matière de sûreté et de sécurité des sources radioactives ;
- des organismes de réglementation ;
- d'exigences réglementaires ;
- des inspections et contrôles de l'application des réglementations ;
- du registre national des sources ;
- de la sensibilisation ou formation des cadres et des membres du personnel ;

- de l'engagement de la direction à garantir la sûreté et le contrôle des sources ;
- du programme de radioprotection au sein de l'entreprise.

Causes spécifiques

I-4. Une liste des causes spécifiques engendrant la perte de contrôle des sources radioactives qui couvre la plupart des cas concrets inclut :

- des manques ou insuffisances dans les domaines suivants :
 - évaluation préalable du risque ;
 - connaissance des exigences en matière de sûreté et de sécurité ;
 - sécurité dans le domaine du stockage, du transport et de l'utilisation des sources ;
 - relevés des rayonnements, par exemple absence d'examens après une exposition à des rayonnements gamma ;
 - supervision des membres du personnel ;
 - préparation aux situations d'urgence ;
 - formation ou qualification du personnel ;
- des dispositions inadéquates pour la maintenance ou pour minimiser les conséquences des accidents ;
- des contournements délibérés des exigences réglementaires, y compris des règles concernant l'importation ou l'exportation ;
- l'abandon ;
- les événements catastrophiques, tel qu'incendie, explosion, inondation, troubles civils ;
- le vol ;
- la perte des connaissances au sein de l'entreprise, due :
 - à une perte ou un transfert de personnel-clé ;
 - à une faillite ;
 - à un stockage à long terme de sources ;
 - au déclassement d'une usine ou d'une installation ;
- le décès du propriétaire ;
- le changement de propriété de l'équipement ou de l'usine, notamment passage d'une propriété étatique à une propriété privée ;
- le transfert d'une source en vue d'une mise au rebut inappropriée ;
- les obstacles au stockage définitif sur le plan juridique, tels que :
 - pas de procédure de stockage définitif disponible ;
 - export impossible ;
 - coûts élevés du stockage définitif.

I-5. La description de la vie d'une source nucléaire peut mettre en évidence les situations où une source court un risque accru de perte de contrôle. La figure I-1 fournit un exemple approprié pour une source dans un établissement industriel. Une bonne pratique se conformera à la voie décrite dans la colonne de gauche, mais à chaque étape des problèmes entraînant une perte de contrôle peuvent survenir, comme l'illustre la colonne de droite.

PERTE DE CONTRÔLE LORS DE PRATIQUES SPÉCIFIQUES

I-6. Cette section propose un bref résumé des pratiques particulières faisant appel à des sources de différentes catégories et expose des considérations relatives aux pertes de contrôle qui sont spécifiques aux pratiques. Les façons les plus probables dont les sources deviennent orphelines au cours de chaque pratique sont présentées et des exemples concrets sont fournis. Les sources de catégorie 5 ne sont pas présentées en détail parce qu'elles sont de trop petite taille pour être réellement préoccupantes sur le plan de la sûreté. Toutefois, il est important de souligner que toute matière désignée comme soumise au contrôle réglementaire en raison de sa radioactivité doit être réglementée en mettant en œuvre une méthode progressive. Le tableau 2 de l'appendice I de la référence [I-1] propose un résumé des applications principales, ainsi que des radionucléides types et de la palette des activités effectuées.

I-7. Les sources ont eu des usages différents dans le passé, ce qui implique de se pencher sur ces applications historiques. Les sections suivantes répertorient les principales utilisations des différentes sources, sans toutefois être exhaustives parce que la technologie connaît des améliorations constantes et que certaines applications, telles que la calibration, recourent à toute une gamme de sources d'activité plus ou moins grande.

Sources de catégorie 1

Générateurs thermoélectriques à radio-isotopes

I-8. *Application.* Les générateurs thermoélectriques à radio-isotopes (GTR) sont des dispositifs qui transforment la chaleur de désintégration d'un radio-isotope en électricité. Les deux radionucléides qui ont été le plus souvent utilisés sont le ^{90}Sr ($330 - 2,5 \times 10^4$ TBq) et le ^{238}Pu ($1 - 10$ TBq). La puissance type générée peut aller de quelques watts à des dizaines de kilowatts, en fonction de l'activité et du radio-isotope. Ces dispositifs ne comportent pas de parties mobiles et, comme ils sont conçus pour fonctionner sans surveillance pendant des décennies,

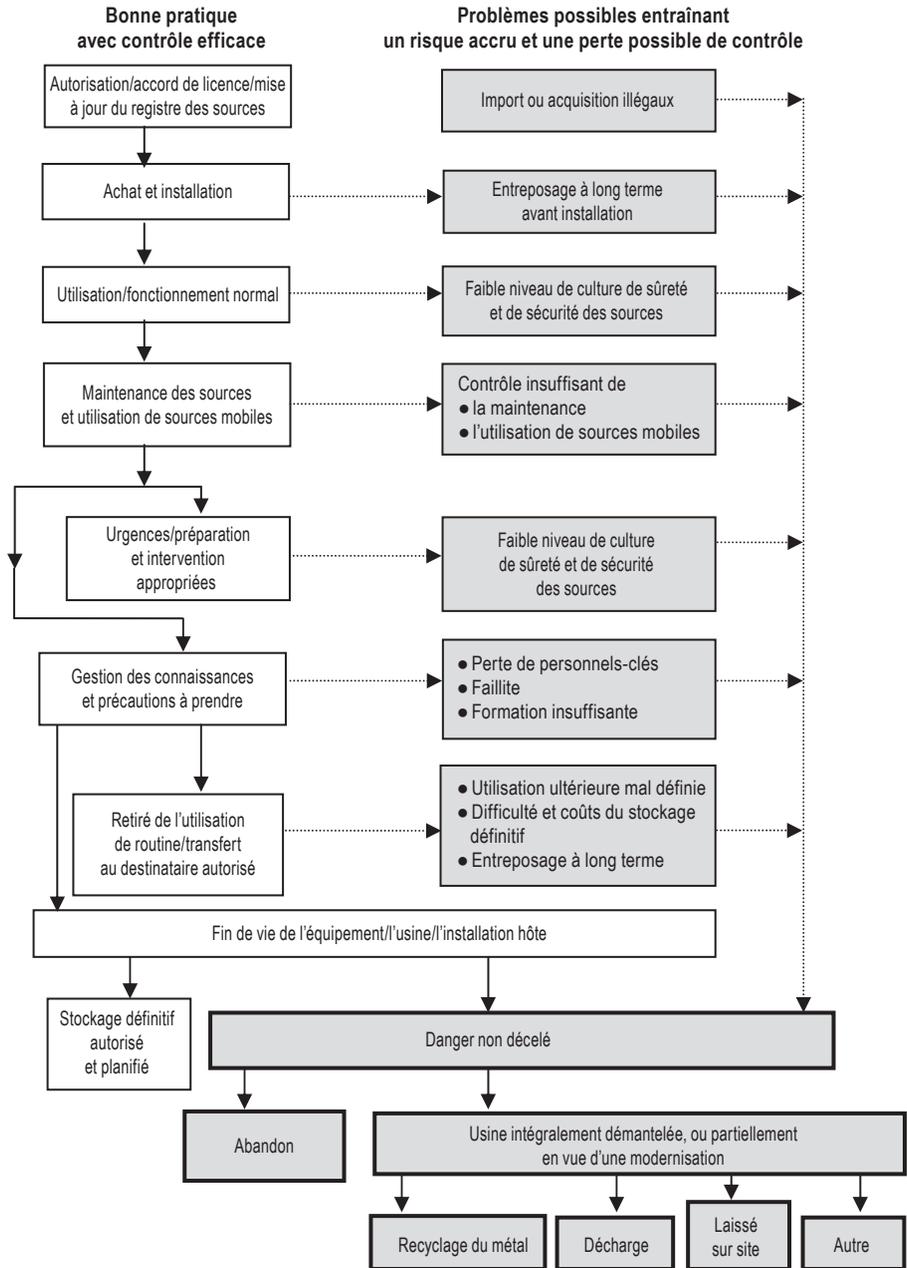


FIG. I-1. Exemple de la vie d'une source dans une installation industrielle.

ils conviennent parfaitement pour fournir de l'électricité aux équipements situés dans des zones reculées. C'est pourquoi, ils ont été déployés en nombre assez important dans les régions arctiques et dans l'espace. Nombre de ces dispositifs ont été initialement mis en place par des militaires américains et de l'ancienne URSS pour assurer une surveillance à distance ou à des fins de navigation.

I-9. *Causes possibles de perte de contrôle.* Le fait que des dispositifs de ce type soient déployés dans des régions reculées dans des installations souvent sans surveillance signifie que des personnes peuvent les déplacer, les acquérir à des fins illégales ou les démanteler pour récupérer la valeur d'épave de leur matière de blindage. En outre, un changement de gouvernement et/ou une perte de documents signifie que ces sources peuvent se retrouver abandonnées et oubliées jusqu'à ce qu'on les redécouvre plus tard. Des satellites spatiaux équipés de GTR sont également revenus dans l'atmosphère terrestre, causant des inquiétudes sur la propagation de matières radioactives. L'encadré I-1 présente un événement survenu en Géorgie qui illustre les problèmes potentiels des GTR devenus orphelins.

Encadré I-1. Accident de GTR : Géorgie, 2001

En décembre 2001, trois forestiers ont découvert deux objets en céramique dégageant de la chaleur près de leur campement dans la vallée lointaine de la rivière de l'Ingouri, en Géorgie. Deux des forestiers ont transporté les conteneurs sur leurs dos et ont été pris de nausées, de vomissements et de vertiges quelques heures plus tard. Le troisième a porté la source attachée à un câble. À l'hôpital de Tbilisi, en Géorgie, ces forestiers ont été jugés comme souffrant d'un syndrome d'irradiation et de graves brûlures par irradiation, et au moins d'eux d'entre eux étaient considérés comme dans un état grave. Une équipe géorgienne a récupéré les sources au début de 2002 avec l'aide de l'AIEA. Ces sources en céramique provenaient de deux GTR de l'époque soviétique, contenant chacune environ 30 000 Ci de ^{90}Sr et n'étaient pas blindées. Deux des victimes ont été traitées dans des hôpitaux à Paris et à Moscou pendant de nombreux mois avant de se remettre de leurs graves brûlures par irradiation.

Irradiateurs commerciaux

I-10. *Application.* Les installations commerciales d'irradiation à grande échelle sont relativement peu nombreuses et contiennent généralement des sources ^{60}Co et ^{137}Cs de très haute activité, atteignant des valeurs de 0,2 à 600 PBq. Les applications incluent la stérilisation de produits médicaux (tels que le matériel de suture et les gants), la conservation de denrées alimentaires et la réticulation de polymères pour modifier leurs propriétés. La taille physique des sources utilisées

dans les irradiateurs est variable, certaines sont grandes, d'autres de la taille d'un stylo et chaque installation contient généralement un grand nombre de sources de ce type. Ces sources sont installées dans de grandes enceintes dédiées et blindées, qui emploient soit une piscine d'eau profonde, soit du plomb massif ou du béton pour blinder la source quand elle n'est pas utilisée.

I-11. *Causes possibles de perte de contrôle.* Lorsque la source est exposée, les débits de doses au sein de l'enceinte d'irradiation sont très élevés et il est possible de recevoir une dose mortelle en l'espace de quelques secondes. Par conséquent, ces installations ont de nombreuses fonctions de sûreté, basées sur les principes de défense en profondeur, de diversité et d'indépendance des systèmes de sûreté [I-2]. Toutefois, l'efficacité des systèmes de sûreté se dégrade, sauf s'ils sont bien conçus et bien entretenus et, en cas d'erreur humaine, des accidents peuvent se produire. Il n'existe pas de rapports documentés de cas d'abandons ou d'oublis de ce type de sources ou d'irradiateurs. En revanche, il y a eu des cas de faillites où le « repreneur » désigné a licencié du personnel et n'a pas eu conscience de la nature du risque sous sa responsabilité pendant un certain temps. L'abandon d'un irradiateur expose à une menace d'exposition mortelle.

I-12. Un scénario plus probable est la perte de sources individuelles d'un porte-sources. Généralement le porte-sources comporte un certain nombre de modules, chacun d'eux étant dans un cadre comportant 30 à 50 bâtons radioactifs. Chaque bâton mesure environ 45 cm de long et fait 1 cm de diamètre et contient 150 TBq de ^{60}Co , éventuellement de ^{137}Cs . Si les installations d'irradiation ne sont pas entretenues, des objets peuvent venir entraver les mouvements du porte-sources et déformer les cadres des modules, laissant ainsi un bâton s'échapper et tomber. Ceci s'est produit un certain nombre de fois (voir encadré I-2) [I-3]. Cela permet éventuellement à un bâton de tomber dans l'une des « boîtes » de transport des produits irradiés hors de l'installation. Les irradiateurs modernes sont équipés de protections latérales qui séparent les sources des boîtes, et de systèmes de surveillance au niveau des points de sortie des produits pour détecter ce type de situation. Toutefois, ces systèmes doivent être correctement entretenus pour être efficaces.

Encadré I-2. Accident d'irradiateur : San Salvador (El Salvador), 1989

Cet accident a eu lieu dans une installation d'irradiation contenant 0,66 PBq de ^{60}Co sous la forme d'un porte-sources à deux modules, contenant chacun un certain nombre de bâtons. Au moment de l'accident, il n'existait pas d'infrastructure de réglementation et de sûreté radiologique compétente, étant donné que le pays était en guerre civile depuis dix ans. Il en a résulté une dégradation des systèmes de sûreté et de la compréhension des risques d'irradiation par les exploitants. Au cours de cet accident, trois personnes sont entrées dans une chambre d'irradiation pour dégager le porte-sources, dont le déplacement vers la fosse d'eau de sûreté avait été entravé par des boîtes de produits déformées.

Le problème est passé inaperçu pendant deux semaines et, pendant ce temps, les dégâts subis par le porte-sources avaient provoqué la chute des bâtons. La plupart sont tombés dans la fosse à eau, mais l'un est tombé sur le sol de la chambre d'irradiation. Par un heureux hasard, aucun n'est tombé dans une des boîtes de produits, ce qui l'aurait sans doute fait passer hors de l'installation. Le moniteur installé au niveau de la sortie des produits, destiné à détecter ce genre d'incidents, était en panne depuis longtemps. Une des personnes qui est entrée dans cette chambre plus tard est décédée et l'autre a dû être amputée d'une jambe.

I-13. Un autre point à prendre en compte est que, de temps en temps, un certain nombre de bâtons doivent être remplacés en raison de leur désintégration radioactive. En général, les fournisseurs de ces sources se chargent de cette tâche et les anciennes sources sont mises dans des conteneurs de transport spécialement conçus pour leur expédition. À ce stade, des problèmes de transport peuvent causer des retards, qui entraînent l'entreposage, parfois l'oubli du conteneur. Un scénario semblable à celui de l'accident d'Istanbul impliquant une source de radiothérapie peut en découler (voir encadré I-5).

Irradiateurs auto-blindés et irradiateurs de sang/tissus

I-14. *Application.* Il existe un nombre d'irradiateurs de plus petite taille, appelés tantôt irradiateurs auto-blindés, tantôt irradiateurs de produits sanguins/de tissus, en usage dans les hôpitaux et les cliniques. Bien qu'ils soient de plus petite taille que les irradiateurs commerciaux, ils contiennent malgré tout des sources de haute activité. Non seulement ils servent à stériliser du sang, des tissus et des graines, mais permettent également de colorer des pierres précieuses, d'irradier des insectes dans le cadre de programmes d'éradication et servent à la recherche sur les conséquences des mutations sur les produits de l'agriculture. En général, ce type d'irradiateurs comporte une chambre pour les échantillons biologiques avec des portes à système de verrouillage réciproque et les sources sont déplacées

dans la chambre ou la chambre est amenée à proximité de ces sources. Il n'existe pas de moyen simple d'accéder aux sources elles-mêmes une fois qu'elles ont été installées dans l'irradiateur. Dans certains cas, l'irradiateur, légèrement modifié, sert également de conteneur d'expédition de la source.

I-15. S'il est vrai que la plupart de ces irradiateurs sont fixés dans une position permanente, il existe des dispositifs, tels que les irradiateurs « Gamma Kolos », qui ont été embarqués dans des camions lourds ou des remorques, puis transportés dans l'ancienne Union soviétique pour irradier des graines au moment de leur plantation. La plupart de ces dispositifs ont désormais été retirés de leur véhicule et sont entreposés.

I-16. *Causes possibles de perte de contrôle.* Les dispositifs fixes ont rarement été impliqués dans des incidents liés à des sources orphelines, ce qui s'explique en partie par leur conception et leur robustesse. La principale préoccupation est donc l'abandon de ce type de dispositifs, par exemple pendant des périodes de troubles civils ou suite à une faillite. Les évolutions de la spécialisation des centres de recherche ont également fait que ces dispositifs ont été retirés du service et perdus de vue pendant de longues périodes. La vulnérabilité de certains irradiateurs mobiles a créé des inquiétudes concernant leur sécurité.

Dispositifs de radiothérapie externe

I-17. *Application.* Les institutions médicales telles que les hôpitaux ou les cliniques abritent généralement des dispositifs de radiothérapie externe qui servent au traitement du cancer. Dans ce cadre, c'est une source de grande taille, en général du ^{60}Co , mais parfois aussi du ^{137}Cs , de quelques centaines de TBq, qui est utilisée, à l'extérieur de l'organisme, pour irradier des parties du corps d'un patient, notamment une tumeur. Les dimensions physiques de ce type de source sont relativement petites et la source est généralement cylindrique (quelques centimètres de diamètre sur quelques centimètres de long). Elle est contenue à l'intérieur d'un dispositif de blindage de grande dimension.

I-18. Le « scalpel gamma » (utilisé en radiochirurgie stéréotaxique) est un dispositif semblable, mais il utilise un grand nombre de sources (environ 200) pour fournir des faisceaux de rayonnements qui puissent se concentrer sur une zone de traitement particulière dans le cerveau tout en minimisant les doses reçues par les tissus sains.

I-19. Les installations équipées de ce type de dispositifs de radiothérapie sont spécialement conçues pour cet usage et comportent des parois épaisses, blindées, ainsi que d'autres équipements de protection.

I-20. Les sources de Cobalt 60 comprennent généralement un certain nombre de disques ou de pastilles métalliques solides dans une capsule de source en acier inoxydable. Le risque essentiel est celui d'une exposition externe, sauf en cas de détérioration mécanique ou thermique importante des sources, comme cela se produit dans l'industrie de recyclage du métal. Il en résulterait alors une contamination et un risque d'exposition interne.

I-21. Les matières radioactives contenues dans les dispositifs de radiothérapie externe au ^{137}Cs se présentent généralement sous la forme de chlorure de césium, qui a la haute activité spécifique nécessaire pour que les dispositifs puissent être suffisamment petits pour servir aux traitements.

I-22. *Causes possibles de perte de contrôle.* Dans le cadre d'une utilisation normale, des contrôles appropriés minimisent les risques. Toutefois, si ces sources sont retirées de leurs boîtiers sans respecter la méthode préconisée, elles peuvent rapidement diffuser une dose létale. En outre, étant donné que leur matériau d'emballage peut donner l'impression d'avoir une valeur de récupération, des vols ont plusieurs fois occasionné une perte de contrôle. Elles ont ensuite été fusionnées ou leur boîtier physiquement détruit, ce qui a entraîné une propagation de la contamination, soit directement, soit parce que le radionucléide s'est trouvé intégré dans des articles fabriqués à partir du métal récupéré.

I-23. Étant donné les dimensions imposantes des dispositifs de radiothérapie externe et le fait qu'ils sont utilisés dans un environnement tel qu'une clinique de radiothérapie où le personnel doit être formé en radioprotection, il est difficile à première vue de s'imaginer qu'ils puissent devenir orphelins. Toutefois, il existe des exemples bien documentés de ce genre de situations, qui ont entraîné des décès et une contamination de l'environnement très importante.

I-24. Lorsqu'une source de chlorure de césium n'est plus confinée, la propagation de la contamination se fait très rapidement en raison de la grande mobilité des matières (voir encadré I-4).

I-25. Les encadrés I-3 à I-6 fournissent des exemples d'accidents à Juarez, au Mexique [I-4], à Goiânia, au Brésil [I-5], à Istanbul, en Turquie [I-6], et à Samut Prakarn, en Thaïlande [I-7]. Certains ont impliqué du ^{137}Cs , d'autres du ^{60}Co .

Encadré I-3. Accident de tête de radiothérapie externe : Goiânia (Brésil), 1989

En 1987, à Goiânia, un partenariat médical privé spécialisé en radiothérapie a pris fin sans qu'un accord puisse être trouvé. Aucune des parties n'a pris sous sa responsabilité un dispositif de radiothérapie externe au ^{137}Cs d'une activité de 50 TBq qui s'est retrouvé à l'abandon dans le bâtiment partiellement démoli de l'ancienne clinique. Au bout de deux ans, des personnes des environs ont démonté la source et son boîtier qu'ils ont récupéré pour sa valeur à la casse. La source s'est rompue au cours de cette opération. Les matières radioactives se présentaient sous la forme de chlorure de césium compact, matière très soluble et facilement dispersable. La radioactivité s'est répandue pendant plus de deux semaines dans certaines parties de la ville par une contamination par contact et une remise en suspension. Les éléments (et les personnes) contaminés se sont déplacés dans d'autres parties du pays.

Un nombre croissant de problèmes sanitaires a amené à reconnaître l'existence du problème. En tout, quelque 249 personnes ont subi une contamination externe et 129 une contamination interne. Vingt et une personnes ont reçu des doses de plus de 1 Gy et ont été hospitalisées, dont dix ont été soumises à un traitement médical spécialisé. Quatre d'entre elles sont décédées. La décontamination et l'assainissement de l'environnement ont coûté six mois d'efforts intenses et ont produit 3 500 tonnes de déchets radioactifs.

Encadré I-4. Accident de tête de radiothérapie externe : Juarez (Mexique), 1983

En 1977, un dispositif de radiothérapie externe au ^{60}Co de 37 GBq a été acheté par un hôpital de Juarez, au Mexique, à un hôpital américain. Il n'a pas été importé légalement et les autorités n'étaient pas au courant de l'achat. Comme l'hôpital ne disposait pas des ressources nécessaires pour l'utiliser immédiatement, le dispositif a été entreposé dans une installation commerciale, sans que les risques qu'il présentait soient clairement indiqués. Le personnel expérimenté responsable a quitté l'hôpital. En 1983, un membre du personnel peu qualifié qui connaissait l'existence de ce dispositif, mais n'était pas au courant des risques associés, l'a enlevé pour le revendre à la ferraille. Pendant son transport, la source s'est rompue et quelques petites pastilles se sont répandues le long de la route. La source a été fondue dans une fonderie et n'a été découverte que par hasard, lorsqu'un camion transportant des produits contaminés a déclenché les alarmes de la centrale nucléaire de Los Alamos aux États-Unis.

Quelque 75 personnes ont été exposées à des doses comprises entre 0,25 et 7,0 Gy, 814 maisons dont les barres d'armature en acier contenaient des matières radioactives ont dû être démolies, de nombreuses fonderies ont dû subir une décontamination de grande ampleur et les déchets générés ont été de 16 000 m³ de sol et de 4 500 tonnes de métal.

Encadré I-5. Accident de tête de radiothérapie externe : Istanbul (Turquie), 1998

En 1993, un exploitant agréé a chargé trois sources de radiothérapie usagées dans des emballages de transport en vue de les réexpédier à leur fournisseur d'origine aux États-Unis. En définitive, ces paquets n'ont pas été envoyés, mais stockés à Ankara jusqu'en 1998. Deux d'entre eux ont ensuite été transportés à Istanbul, où ils ont été stockés dans un entrepôt à usage général. Quelque temps après, l'entrepôt s'est trouvé plein et les paquets ont été déplacés dans des bâtiments adjacents vides. Au bout de neuf mois, ces bâtiments ont été rachetés et les nouveaux propriétaires, ne connaissant pas la nature du contenu des paquets, les ont revendus à la ferraille. Des membres de la famille du ferrailleur ont ouvert le conteneur de la source et ont été sans le savoir exposés à une source de ^{60}Co non blindée d'une activité de 3,3 TBq. Dix personnes ont reçu des doses comprises entre 1,0 et 3,1 Gy et ont été victimes d'un syndrome d'irradiation aiguë. Par chance, aucune n'est décédée.

La seconde source, du ^{60}Co d'une activité de 23,5 TBq, reste portée disparue, en dépit d'un vaste programme de recherche et de surveillance.

Encadré I-6. Accident impliquant une tête de radiothérapie externe : Samut Prakarn, (Thaïlande), 2000

Une entreprise de Bangkok était en possession de plusieurs dispositifs de radiothérapie externe sans autorisation de l'Office national de l'énergie atomique pacifique. À la fin de l'année 1999, l'entreprise a transféré les têtes de radiothérapie externe dans un entrepôt qu'elle avait loué à un site d'entrepôt non sécurisé. À la fin de janvier 2000, plusieurs personnes ont obtenu l'accès à ce site et ont en partie démonté une tête de radiothérapie externe de ^{60}Co d'une activité de 15,7 TBq. Ils ont emporté le dispositif au domicile de l'une des personnes, où quatre personnes ont tenté de continuer à le démonter. Bien que le trèfle, symbole de mise en garde contre les rayonnements, et une étiquette de mise en garde contre les rayonnements ionisants aient figuré sur la tête, ces personnes n'ont pas reconnu le symbole ou compris la langue. Le 1^{er} février 2000, deux de ces personnes ont transporté le dispositif partiellement démonté jusqu'à une décharge à Samut Prakarn. Alors qu'un employé de la décharge démontait le dispositif à l'aide d'un chalumeau à l'oxyacétylène, la source est sortie de son boîtier sans qu'on le remarque.

À la mi-février 2000, plusieurs des personnes impliquées ont commencé à se sentir malades et à chercher de l'aide. Les médecins ont reconnu les signes et les symptômes et alarmé les autorités. Des recherches ont alors été effectuées dans le tas de ferraille et la source a été trouvée et récupérée. En tout, dix personnes ont reçu de fortes doses provenant de la source. Trois d'entre elles, toutes des employés de la décharge, sont mortes des suites de leur exposition dans les deux mois qui ont suivi.

I-26. Un certain nombre de cas présentent des points communs, lesquels constituent des facteurs à prendre impérativement en compte dans l'élaboration de stratégies nationales en matière de traitement des sources orphelines ou vulnérables.

- Les sources ont longtemps été entreposées avant d'être utilisées, ou à la fin de leur durée d'utilité.
- Les sources ont fini dans l'industrie de recyclage du métal.
- Ce sont les effets sanitaires des rayonnements constatés qui ont révélé l'accident.

Sources de catégorie 2

Radiographie gamma industrielle

I-27. *Application.* La radiographie industrielle est largement utilisée et a un potentiel de risque élevé [I-8]. La construction et la maintenance d'installations pétrochimiques, par exemple, impliquent l'utilisation de sources radiographiques portables allant jusqu'à 7 TBq pour tester des soudures dans les canalisations et les réservoirs. Il y a quelques années, on utilisait des sources de ^{137}Cs et certaines d'entre elles existent peut-être toujours. À l'heure actuelle, on utilise plutôt des sources d' ^{192}Ir ou de ^{60}Co , mais parfois aussi des sources d' ^{169}Yb , de ^{170}Tm ou de ^{75}Se .

I-28. Les dispositifs contenant des sources de radiographie industrielle sont généralement de petite taille, mais sont généralement lourds en raison de leur blindage. Les sources elles-mêmes sont de très petite taille, de moins d'1 cm de diamètre pour seulement quelques centimètres de long. Elles sont souvent reliées à des câbles spécialement conçus pour garantir leur bon fonctionnement. La portabilité de ces dispositifs fait qu'ils peuvent être volés ou perdus.

I-29. La conception générale de la plupart des systèmes de radiographie à distance est telle que l'enveloppe (ou capsule) de la source est physiquement reliée à un câble court et flexible, souvent connu sous le nom d'assemblage de la source ou de « queue-de-cochon ». Cette pièce est reliée, souvent par le biais d'une bille à ressort et d'un raccord, à un câble de commande flexible. Lorsqu'elle n'est pas utilisée, la source revient au centre de l'appareil d'exposition. Quand elle est utilisée, un tube de guidage vient se fixer sur la façade du conteneur et la source s'enfonce dans ce dernier jusqu'à la position requise en déroulant le câble de commande.

I-30. Dans les industries lourdes, telles que les fonderies d'acier ou les usines de fabrication, un système de radiographie portable, mobile (sur roues) ou fixe incorporant de ^{192}Ir , du ^{60}Co ou du ^{137}Cs peut être installé dans des enceintes spécialement conçues. Le blindage des systèmes mobiles ou fixes est plus lourd que celui des boîtiers des sources portables, ce qui les rend plus difficiles à voler ou à déplacer.

I-31. *Causes possibles de perte de contrôle.* Les boîtiers des systèmes d'exposition radiographique et des changeurs de sources contiennent plusieurs dizaines de kilogrammes de matériel de blindage, tel que de l'uranium appauvri, du plomb ou du tungstène, qui peut être considéré comme ayant une valeur marchande. Non négligeable est également le fait que la portabilité de la plupart des équipements les rend utilisables presque partout. Souvent des systèmes de ce type sont transportés sur des sites de travail temporaires dans des zones ou sur des sites reculés, où les conditions de travail sont extrêmes. À ceci s'ajoute que la supervision en place sur ces sites de travail temporaires est parfois limitée ou non-existante et qu'il existe un risque réel que des conteneurs entiers et leurs sources y soient perdus ou volés. En outre, ces sources courent le risque d'être perdues au cours de leur transport vers des sites de travail temporaires. Elles peuvent terminer dans l'industrie de recyclage du métal ou rester dans le domaine public. Ces problèmes sont similaires à ceux des sources de radiothérapie externe orphelines, et même si les niveaux d'activité en radiographie industrielle sont faibles, ils sont quand même suffisants pour avoir des conséquences létales. C'est sans doute la perte d'une source non blindée qui représente la menace la plus importante.

I-32. Une maintenance médiocre, des raccords incorrects, des dispositifs incompatibles, des obstructions ou des coudes dans le tube de guidage sont autant de facteurs susceptibles d'imposer des pressions extrêmes au niveau des différents raccords et de conduire au découplage de la source qui se désolidarise alors du câble de commande. Cette situation constitue une menace immédiate pour le radiologue, qui est censé faire des relevés après chaque exposition pour s'assurer que la source est bien revenue en position blindée et sûre. Faute de l'avoir fait, lorsqu'on ne s'est pas aperçu que la source était sortie de son équipement, le radiologue et les autres se sont trouvés exposés à des doses nocives. Les sources de radiographie de ce type peuvent sembler être des objets intéressants aux citoyens qui les trouvent. Ils peuvent facilement les ramasser et les ramener à leur domicile et elles ont souvent des conséquences létales, ainsi qu'on le voit dans les encadrés I-7 [I-8], I-8 et I-9 [I-9]. Dans de nombreux cas, l'apparition des symptômes médicaux est malheureusement le premier signe de la découverte d'une source radioactive.

**Encadré I-7. Accident impliquant une source de radiographie industrielle :
Maroc, 1984**

Une source d'¹⁹²Ir d'une activité de 1,1 TBq s'est trouvée déconnectée de son câble de commande. Suite à un manque de surveillance approprié, ceci est passé inaperçu et la source est accidentellement sortie de son tube de guidage et tombée. Elle a semblé intéressante à un citoyen qui l'a ramassée et ramenée chez lui. Elle a ainsi échappé aux contrôles de mars à juin et a entraîné le décès de huit personnes.

**Encadré I-8. Accident impliquant une source de radiographie industrielle :
Le Caire (Égypte), 2000**

Un agriculteur a ramassé une source d'¹⁹²Ir d'une activité de 3 TBq, pensant qu'il s'agissait d'un objet de valeur et l'a ramenée chez lui. Le 6 mai 2000, cet agriculteur et son fils de 9 ans sont allés consulter le médecin local, se plaignant de brûlures de la peau. Le médecin leur a prescrit un traitement contre une infection virale ou bactérienne. Le plus jeune fils est décédé le 5 juin 2000 et son père le 16 juin. Le 26 juin, on a fait une prise de sang à d'autres membres de la famille qui présentaient des symptômes similaires. Les résultats ont montré une baisse très importante du nombre de leucocytes et l'on a soupçonné une exposition à des rayonnements. La source a été retrouvée, puis récupérée. D'autres membres de la famille ont été hospitalisés. Quatre hommes ont été accusés de négligence grave, d'homicide et de blessures involontaires parce qu'ils avaient omis de signaler aux autorités la disparition de la source, qui servait à inspecter des soudures de gazoducs, à la fin des travaux.

**Encadré I-9. Accident impliquant une source de radiographie industrielle :
Yanango (Pérou), 1999**

Il est possible que cet accident ait été provoqué par une personne qui aurait tenté de forcer un verrouillage de sécurité. On a diagnostiqué une défaillance lors du traitement d'un film de radiographie qui était vierge. On a d'abord recherché la source surtout auprès des personnes qui s'étaient trouvées dans la zone. Un soudeur l'avait ramassée, mise dans sa poche et ramenée chez lui. Il a dû être amputé d'une jambe et sa femme a été victime d'une lésion mineure.

I-33. Si les bâtiments sont abandonnés ou si l'équipement est laissé sans surveillance, le vandalisme ou toute autre intervention peuvent conduire aux mêmes problèmes que ceux répertoriés pour les sources de radiothérapie externe. Ces sources restent de petite taille et peuvent être facilement retirées de leurs conteneurs.

I-34. Le secteur de la radiographie industrielle est extrêmement compétitif, et comporte un grand nombre de petites entreprises, ce qui signifie qu'un certain nombre cesseront leur activité chaque année ou feront faillite. Dans ces circonstances, il existe un risque accru que des sources se retrouvent abandonnées.

I-35. Leur nombre important, l'environnement de travail, le niveau d'activité et la portabilité/mobilité de la plupart des sources de radiographie industrielle en font des cibles convoitées par les voleurs (encadré I-10).

Encadré I-10. Vol d'une source de radiographie industrielle : Inde

Le boîtier blindé contenant une source de radiographie d' ^{192}Ir 185 GBq d'une activité d'environ 0,3 TBq a été volée par les conducteurs d'une benne à ordures. Le conteneur blindé a été vendu à un ferrailleur et la source a été conservée sous le siège du chauffeur. Une opération de recherche et des enquêtes de la police locale ont permis de découvrir la source dans un site de crémation. Cette source a été localisée par une équipe chargée de sa recherche physique.

Curiethérapie à haut et moyen débit de dose

I-36. *Application.* La curiethérapie est un terme utilisé pour décrire l'application interstitielle ou intra-cavité de sources radioactives qui sont placées directement dans la tumeur (sein, prostate), dans des moules (peau, rectum) ou dans des applicateurs spéciaux (vagin, col de l'utérus). Il existe des applications de curiethérapie de deux types légèrement différents. On les nomme généralement curiethérapie à haut débit de dose (HDR en anglais) (catégorie 2) ou curiethérapie à faible débit de dose (LDR en anglais) (catégorie 4 ou 5). Ces deux types d'applications utilisent des sources qui peuvent être de petite taille (de moins d'1 cm de diamètre pour seulement quelques centimètres de long), et sont donc susceptibles de se perdre ou de s'égarer. Les sources HDR, et quelques sources LDR, peuvent se présenter sous la forme d'un long fil relié à un dispositif (de chargement différé à distance).

I-37. Autrefois, on utilisait le ^{226}Ra en curiethérapie. L'utilisation de ces sources de radium en curiethérapie est antérieure à la mise en place de contrôles réglementaires dans de nombreux États. Ces sources étaient enveloppées dans du platine, soit dans des aiguilles, soit dans des tubes de quelques millimètres de diamètre, qui atteignaient parfois 5 cm de longueur. Toutefois, la formation de gaz (radon et hélium) crée une pression à l'intérieur

de l'enveloppe qui peut se rompre, entraînant une contamination. C'est pourquoi le ^{226}Ra a été remplacé par d'autres radionucléides.

I-38. La curiethérapie de pointe à haut et à moyen débit de dose utilise l' ^{192}Ir , mais le ^{60}Co et le ^{137}Cs sont utilisés aux endroits où les sources de remplacement seraient plus difficiles à obtenir. Les sources peuvent être fabriquées dans des tailles et des formes différentes, y compris sous la forme de fils ou de rubans.

I-39. L'application de ces sources peut soit être manuelle, soit se faire à distance. Pour des raisons de radioprotection, seules des sources de faible activité sont utilisées manuellement, avec ou sans méthodes de chargement différé. Les dispositifs de chargement différé peuvent être lourds, en raison du blindage nécessaire des sources lorsqu'elles ne sont pas utilisées, et ils peuvent être sur roues pour être transportés au sein d'une installation. Les dispositifs de chargement différé à distance peuvent également contenir des composants électriques et électroniques nécessaires à leur fonctionnement. Lors de l'utilisation de ces dispositifs, un cathéter est d'abord introduit dans l'organisme, puis la source reliée à un câble est introduite à distance. Ces dispositifs utilisent généralement des sources de ^{137}Cs et d' ^{192}Ir de faible activité ou d' ^{192}Ir de haute activité (jusqu'à 0,4 TBq).

I-40. On trouve des sources de curiethérapie dans des hôpitaux, cliniques et institutions médicales similaires et ces sites peuvent avoir un grand nombre de sources. La curiethérapie est moins couramment utilisée que la radiographie externe, mais son utilisation est en augmentation.

I-41. *Causes possibles de perte de contrôle.* Lorsqu'elles ne sont pas utilisées, les sources de curiethérapie sont généralement stockées dans des coffres-forts ou des conteneurs blindés en plomb, mais dans certains cas, les sources sont restées chargées dans les applicateurs dans des chariots de transport de façon incorrecte. De même, des sources dont la durée d'utilité était périmée ont été abandonnées dans des coffres-forts ou des conteneurs de transport.

I-42. Des sources de curiethérapie manuelles isolées qui peuvent devenir orphelines sont peu susceptibles de mettre la vie en danger, mais elles pourraient engendrer des effets déterministes ou créer une contamination importante. Toutefois, le problème général est accentué par le risque non négligeable de perte de ces sources. Un grand centre de radiothérapie peut disposer de plusieurs centaines de sources de curiethérapie qui sont continuellement déplacées et manipulées. On a signalé plusieurs cas de sources de curiethérapie mises au rebut avec les déchets ordinaires ou restant sur des patients ayant quitté l'hôpital ou sur

des cadavres, à l'insu de tous. Toutefois, la nature de ce problème a été identifiée depuis longtemps et a fait que de nombreux États ont exigé que des détecteurs de rayonnements soient installés aux points de sortie des centres où l'on utilise des sources de curiethérapie.

I-43. En cas de rupture du câble d'un système de chargement différé, la source est susceptible de se détacher. Si ce type de problème n'est pas détecté, les risques qui en découlent peuvent être très importants, comme l'illustre l'encadré I-11 [I-10]. Ces risques sont semblables à ceux que présentent les sources de radiographie industrielle.

Encadré I-11. Perte d'une source de curiethérapie d'¹⁹²Ir à haut débit de dose : États-Unis, 1992

Le 1^{er} décembre 1992, la Commission de la réglementation nucléaire américaine a été informée par un centre de traitement du cancer qu'une source d'¹⁹²Ir d'une activité de 0,14 TBq disparue de son dispositif de chargement différé à distance de sources de curiethérapie à haut débit avait été retrouvée lorsqu'elle a déclenché les alarmes de contrôle radiologique d'un incinérateur de déchets dans une autre ville. Apparemment, le fil de la source s'était rompu pendant le traitement d'un patient le 16 novembre 1992, et la source était restée implantée dans le corps de ce patient âgé. Le patient a reçu une forte dose et en est mort le 21 novembre 1992 des suites de cette dernière. Plus de 90 autres personnes ont également été exposées. Bien que la conception du fil du dispositif de chargement différé ait présenté quelques défaillances, c'est en raison des lacunes du programme de sûreté radiologique du centre, incluant l'absence de contrôles des patients, du système de chargement différé ou de la salle de soins que la rupture est passée inaperçue pendant une longue période. Une défaillance presque identique du fil d'une source s'est produite dans un système de chargement différé le 7 décembre 1992, mais les conséquences radiologiques ont été minimales, la rupture ayant été constatée immédiatement.

Installations d'étalonnage

I-44. *Application.* Un grand nombre de sources radioactives sont utilisées pour étalonner les instruments et à d'autres fins d'étalonnage. Étant donné qu'elles couvrent une vaste gamme de radionucléides et d'activités, il est impossible d'affecter à cette pratique une seule catégorie. Toutefois, les sources d'étalonnage de grande taille, le ⁶⁰Co et le ¹³⁷Cs, sont généralement de catégorie 2. D'autres sources peuvent entrer dans les catégories 3 et 4 et les sources de contrôle des instruments peuvent être de catégorie 5.

I-45. Certaines sources d'étalonnage, en particulier celles à très haut débit, sont confinées dans des dispositifs spéciaux, blindés et obturés au sein de grandes

installations blindées. D'autres sont juste des sources isolées susceptibles d'être utilisées à des fins très variées dans des établissements de recherche et d'enseignement. Dans le passé, le radium 226 a été très souvent utilisé à des fins d'étalonnage et les sources de $^{226}\text{Ra}/\text{Be}$ et de $^{238}\text{Pu}/\text{Be}$ ne sont pas rares dans l'étalonnage des instruments de mesure et de blindage des neutrons.

I-46. *Causes possibles de perte de contrôle.* Pour les sources d'étalonnage de grande taille dans des enceintes spéciales, les causes de perte de contrôle sont généralement les mêmes que pour les dispositifs de radiothérapie externe ou de curiethérapie. Pour ce qui est des sources isolées dans des conteneurs en plomb (souvent connus sous le nom de « pigs »), les facteurs principaux qui les amènent à devenir orphelines sont imputables à la négligence lorsque la source ou l'équipement n'est plus nécessaire, ou lorsqu'un membre du personnel responsable quitte l'entreprise.

Sources de catégorie 3

Jauges industrielles fixes

I-47. *Application.* Dans de nombreuses industries, il est nécessaire de mesurer le niveau, l'épaisseur, la densité, le taux ou la présence d'humidité dans une matière au cours de son extraction, de sa fabrication ou de son traitement. L'utilisation de sources radioactives permet d'effectuer des mesures sans entrer en contact avec la matière elle-même. Des sources aux taux d'activité variés faisant intervenir des radionucléides différents peuvent être utilisées. En fonction de l'application spécifique, les jauges industrielles peuvent contenir de relativement petites quantités de matières radioactives, ou bien des sources dont l'activité approche 1 TBq. Les sources de ^{137}Cs , ^{60}Co et de ^{252}Cf de relativement haute activité (autour de 100 GBq), utilisées comme jauges de niveau, de convoyeur, de drague, de haut fourneau ou comme jauges d'épaisseur rotatives, sont des sources de catégorie 3, alors que la plupart des autres jauges d'épaisseur, d'humidité/de densité et de niveau de remplissage ont des sources de catégorie 4.

I-48. Les hauts fourneaux utilisés dans la production d'acier utilisent souvent des sources de ^{60}Co pour jauger l'usure du revêtement réfractaire de la sole. Les jauges d'épaisseur rotatives utilisent du ^{137}Cs pour mesurer l'épaisseur des parois des tuyaux à mesure qu'elles sont passées au centre de la jauge. Tandis que les jauges des tuyaux figurent dans la catégorie des jauges fixes, elles peuvent également être chargées sur des camions. Toutefois, elles peuvent être relativement lourdes (environ 100 kg) à cause de leur blindage en plomb ou en tungstène.

I-49. *Causes possibles de perte de contrôle.* Les sources de ce groupe peuvent être placées à des endroits où une présence humaine constante n'est pas prévue. Par conséquent, il peut s'y accumuler des couches de poussière, de crasse, de graisse et d'huile, susceptibles de recouvrir toutes les étiquettes de mise en garde présentes. Une installation peut contenir un grand nombre de ces jauges. Généralement, ces dispositifs ne sont pas grands, mais ils peuvent être relativement éloignés du détecteur de rayonnements, susceptible de renfermer des composants électriques ou électroniques associés dans son enceinte. Il peut être difficile de repérer où se trouvent ces dispositifs ou ces sources dans une installation, puisqu'ils sont parfois connectés à des appareils de mesure des processus à l'aspect inoffensif. Le fait de ne pas les repérer risque d'entraîner leur perte de contrôle si l'installation décide de rénover une usine ou de mettre fin à ses activités (encadrés I-12, I-13).

Encadré I-12. Accident de fusion d'une source : Los Barrios (Espagne), 1998

Le 11 juin 1998, des niveaux élevés de ^{137}Cs dans l'air ont été détectés dans le Sud de la France et dans le Nord de l'Italie. Des données et des analyses météorologiques ont permis de conclure qu'ils étaient dus à une libération quelque part dans le Sud de l'Espagne ou en Afrique du Nord. Les enquêtes et recherches qui ont suivi ont révélé l'enchaînement suivant d'événements.

Le 30 mai 1998, une source de ^{137}Cs passée inaperçue a fondu dans un fourneau électrique d'Acerinox, une usine de fabrication d'acier inoxydable située à Los Barrios, en Espagne. En conséquence, les vapeurs se sont échappées par le conduit de cheminée, et une partie s'est trouvée piégée dans le système de filtrage, ce qui a créé une contamination de 270 tonnes de poussière déjà collectée. Les 1 et 2 juin, la poussière a été enlevée et envoyée à deux usines différentes situées à quelques centaines de kilomètres de Los Barrios dans le cadre d'une maintenance de routine. Une entreprise en a reçu 150 tonnes qui ont ensuite été utilisées dans le cadre d'un processus de stabilisation de terres marécageuses, faisant ainsi passer la masse de matières contaminées à 500 tonnes. Le premier indice signalant l'événement a été le déclenchement le 2 juin de l'alarme d'un moniteur de portail lors du passage d'un camion vide qui venait de décharger la poussière. Les autorités ont été averties le 9 juin et le 11 juin la radioactivité élevée dans l'environnement mentionnée précédemment a été mesurée.

Les conséquences radiologiques de cet événement ont été minimales, avec un bilan de six personnes présentant des signes légers de contamination au ^{137}Cs . En revanche, les conséquences économiques, politiques et sociales ont été majeures. Les coûts estimés sont d'environ 20 millions de dollars des États-Unis pour la perte de production, 3 millions de dollars pour les opérations de dépollution et à 3 millions de dollars pour le stockage des déchets. L'inquiétude du public a également été importante. L'implication des médias et la pression politique exercées sur les autorités espagnoles ont été considérables.

**Encadré I-13. Événement impliquant une source de haut fourneau :
Roumanie, 2001**

En août 2000, une entreprise commerciale a commencé à désassembler deux hauts fourneaux. Le démontage de l'un d'eux a été terminé en juin 2001. Le déclassé a été effectué sans autorisation réglementaire et arrêté en 2001 lorsque des inspections sur site menées par l'organisme de réglementation ont révélé une intensité de rayonnement de 0,5 à 400 $\mu\text{Sv/h}$, avec des pointes de 4 mSv/h sur certains débris de briques. L'inspection a révélé que chaque fourneau contenait environ trois douzaines de petites sources radioactives de ^{60}Co (avec du $^{110\text{m}}\text{Ag}$) d'une activité comprise entre 0,4 et 20 GBq , lesquelles avaient été installées en 1985 pour contrôler l'épaisseur des parois. Les conséquences ont été une contamination importante de la région au ^{60}Co et la prise de conscience que le grand tas de briques de remplissage était susceptible de contenir d'autres sources. Une douzaine d'employés ont été exposés, mais n'ont pas présenté de lésions d'irradiation mesurables.

I-50. Ces dispositifs sont généralement installés de façon permanente sur des machines de production et sont généralement sûrs pendant leur utilisation. Les problèmes les plus importants surviennent au terme de la durée d'utilité de la source elle-même ou lorsque l'usine ou l'équipement dans lequel ils sont cessent d'être utilisés. Nombreux sont les exemples où les sources ont été soit retirées d'un appareil, puis entreposées, soit simplement laissées dans l'appareil dans une usine désaffectée.

I-51. Dans certains cas, des sources sont restées dans cet état pendant longtemps, et le temps passant, on a fini par oublier leur existence. Dans d'autres cas, il ne s'est écoulé que peu de temps, mais des cadres ont quitté l'entreprise et la partie concernée du site a été déclassée en urgence ou évacuée pour des raisons économiques.

Jauges de diagraphie de puits

I-52. *Application.* On trouve généralement des dispositifs de diagraphie de puits dans des zones où l'on prospecte de l'eau, du charbon, du pétrole ou du gaz naturel. Une combinaison de sources de neutrons et de sources gamma permet de déterminer la densité, la porosité et l'humidité ou le contenu d'hydrocarbures dans les structures géologiques. Les sources de neutrons les plus classiques utilisées sont l' $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ d'une activité allant jusqu'à 800 GBq , mais des sources de $^{239}\text{Pu}/\text{Be}$ et de $^{226}\text{Ra}/\text{Be}$ ont également été utilisées. Les sources gamma les plus souvent employées sont le ^{137}Cs d'une activité de 50-100 GBq . Des petites sources, souvent de radium, continuent d'être utilisées, à des fins de référence. Ces sources sont généralement placées dans des dispositifs longs (1 à 2 m en

général), mais minces (< 10 cm de diamètre), qui contiennent également des détecteurs et différents composants électroniques. Ces dispositifs sont lourds, en raison de la robustesse nécessaire dans les environnements où ils sont utilisés.

I-53. *Causes possibles de perte de contrôle.* Les boîtiers dans lesquels les sources de neutrons sont stockés et transportés sont de grande taille et peuvent être attirants pour les voleurs. La plus grande partie du blindage est généralement en plastique ou en cire de paraffine et un voleur peut être tenté de s'en débarrasser, le considérant comme inutile, conduisant à une situation de risque potentiel. Les boîtiers des sources gamma sont généralement blindés avec de l'uranium appauvri ou du plomb, ce qui peut être attirant en raison de leur valeur à la casse (encadré I-14) [I-11].

Encadré I-14. Vol de sources de diagraphie de puits : Niger, 2002

En décembre 2002, deux sources d'²⁴¹Am/Be utilisées pour la diagraphie de puits ont été volées dans le camion d'une compagnie pétrolière, alors qu'il était en transit dans le Sud du Delta du Niger. Ces sources ont généralement une activité avoisinant 0,7 TBq. Des annonces publiques, des efforts de la police et une surveillance renforcée des frontières ont été mis en place pour tenter de retrouver ces sources. Les personnels de santé ont été avertis d'être à l'affût de personne souffrant de brûlures de la peau ou de nausées sur une longue période. Quelque huit mois plus tard, ces sources ont été détectées dans un envoi de ferraille vers l'Europe.

I-54. La nature du travail utilisant ces sources requiert qu'elles puissent être facilement retirées de leur boîtier afin d'être introduites dans un forage. Sans contrôle adéquat, il serait relativement facile de les retirer et de les laisser dans des conditions à risque. Le risque que de telles sources deviennent orphelines est semblable au risque lié aux sources de radiographie industrielle. Toutefois, leur activité et leur débit de dose de rayonnement sont généralement inférieurs.

I-55. Même si leur radioactivité est généralement plus faible que celles des sources de radiographie industrielle, la portabilité et l'utilisation de tels dispositifs dans des zones reculées peuvent les rendre plus susceptibles d'être égarés ou volés.

Stimulateurs cardiaques

I-56. *Application.* Au cours des années 1970 et 1980, les stimulateurs cardiaques utilisant des matières radioactives comme source d'énergie (par exemple de très petits GTR) ont été implantés chez un certain nombre de patients. Le radionucléide

le plus souvent utilisé était le ^{238}Pu (avec une petite quantité d' ^{241}Am comme contaminant de source). Une caractéristique bénéfique de l'utilisation du ^{238}Pu est qu'il était facile à blinder et qu'il ne générait qu'un faible débit de dose externe. Toutefois, il est également difficile à détecter si cette source devient orpheline (encadré I-15).

Encadré I-15. Fonte d'un stimulateur cardiaque : Royaume-Uni, 2000

Des tests d'assurance qualité effectués en l'an 2000 sur de l'acier provenant d'une fonderie britannique ont montré que du ^{238}Pu d'environ 140 GBq avait été fondu. Selon toute probabilité, il provenait d'un stimulateur cardiaque. La fonderie était équipée de moniteurs de portiques de détection sophistiqués pour détecter la ferraille entrante contenant des nucléides émettant un rayonnement gamma. Toutefois, ils étaient incapables de détecter l'activité du ^{238}Pu . Les doses impliquées étaient négligeables, mais les coûts de nettoyage et de stockage définitif générés par ce type d'événement sont de plusieurs millions de dollars.

I-57. *Causes possibles de perte de contrôle.* Il n'est pas toujours facile de garder la trace des patients et des cas où la source implantée a été incinérée avec le cadavre se sont produits. Il est également possible qu'une telle source puisse être extraite suite à une autopsie et qu'elle finisse dans les métaux à recycler. Le fait que les sources de ^{238}Pu soient faciles à blinder signifie qu'elles ne sont pas faciles à trouver.

Sources de catégorie 4

Sources de curiethérapie à faible débit de dose

I-58. *Application.* Le plus grande partie de ce qui a été dit sur les sources de catégorie 2 de curiethérapie s'applique également ici, mis à part que l'activité est plus faible et que certains radionucléides différents sont utilisés. Outre le ^{137}Cs et l' ^{192}Ir , l' ^{125}I , Au^{198} et le ^{252}Cf figurent parmi les autres radionucléides utilisés.

I-59. *Causes possibles de perte de contrôle.* Il s'agit des mêmes que celles mentionnées précédemment, mis à part que le risque est nettement plus faible avec les sources de plus faible activité. Les sources de catégorie 4 sont normalement trop petites pour que la radioactivité qu'elles émettent entraîne des lésions importantes.

Jauges d'épaisseur et jauges de niveau de remplissage

I-60. *Application.* Les sources bêta ou gamma de faible énergie servent à mesurer le papier, le plastique et les métaux minces et légers, des sources gamma de haute énergie étant utilisées dans des situations où la plaque d'acier est en cours de fabrication. Les industries telles que les brasseries ou les usines de mise en bouteille de sodas recourent à des sources de faible activité au niveau du contrôle de qualité pour contrôler que les bouteilles ou les cannettes en métal sont remplies correctement. Les fabricants de cigarettes utilisent également des sources pour s'assurer que la densité d'emballage correcte est obtenue.

I-61. Les radionucléides généralement utilisées dans ces industries sont le ^{85}Kr , le ^{90}Sr , l' ^{241}Am , le ^{147}Pm , le ^{244}Cm , ainsi que le ^{137}Cs . Leur activité varie entre 0,4 GBq et environ 20 GBq.

I-62. *Causes possibles de perte de contrôle.* Il s'agit essentiellement des mêmes que pour les jauges industrielles fixes, mais comme les jauges d'épaisseur et les jauges de niveau de remplissage utilisent généralement des rayonnements moins pénétrants de plus faible activité, les risques potentiels sont plus faibles.

Jauges portables

I-63. *Application.* Les jauges d'humidité ou de densité portables contiennent les sources, les détecteurs et l'appareillage électronique nécessaire à la mesure effectuée. L'humidité se mesure généralement avec une source d' $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ d'environ 2 GBq et la densité se mesure avec du ^{137}Cs d'environ 0,4 GBq. Les sources sont physiquement de petite taille, généralement de quelques centimètres de long sur quelques centimètres de diamètre et peuvent se trouver soit complètement à l'intérieur du dispositif, soit au bout d'un ensemble tige et poignée.

I-64. Les jauges d'humidité sont utilisées dans l'agriculture pour garantir un arrosage optimal, alors que les jauges de profondeur ou de densité sont souvent utilisées pour la construction de routes pour garantir que le compactage des matériaux de fondation est correct.

I-65. *Causes possibles de perte de contrôle.* Le fait que ces sources sont généralement transportées dans des boîtes fermées dans des véhicules signifie que leur vol peut être un effet secondaire du vol du véhicule. Ces dispositifs semblent attirants, comme en témoigne le grand nombre de vols constatés. En outre, ces sources sont utilisées sur des sites de construction de routes éloignés. Ce facteur,

combiné à leur petite taille, en font des objets faciles à égarer ou à perdre. Parfois, ils se trouvent endommagés par d'autres équipements de construction de route et passent inaperçus.

Ostéodensitomètres

I-66. *Application.* Comme leur nom l'indique, ces sources sont utilisées dans des dispositifs conçus pour mesurer la densité osseuse dans le cadre de l'évaluation de l'ostéoporose. Les radionucléides utilisés sont le ^{109}Cd , le ^{153}Gd , ^{125}I et ^{241}Am , d'une activité comprise entre 1 à 50 GBq. Les rayons X sont à présent largement utilisés dans ce type de dispositifs.

I-67. *Causes possibles de perte de contrôle.* Historiquement, on n'a enregistré aucun incident impliquant la perte de contrôle de sources utilisées dans des ostéodensitomètres.

Éliminateurs d'électricité statique

I-68. *Application.* Dans de nombreuses industries, la génération d'électricité statique crée des problèmes au cours des processus de fabrication, conduisant à l'attraction de poussières sur des composants ou à un risque potentiel d'incendie. Pour minimiser ces problèmes, on peut recourir à des éliminateurs d'électricité statique incorporant des sources d' ^{241}Am et de ^{210}Po . La taille de ces dernières varie, allant de dispositifs portatifs de quelques centimètres à des installations fixes de plusieurs mètres de long et de quelques centimètres de large. Étant donné que les éliminateurs d'électricité statique émettent des particules alpha, la construction de la source est fragile et ne résiste pas aux mauvais traitements physiques ni au feu, chacun pouvant entraîner une propagation de la contamination.

I-69. *Causes possibles de perte de contrôle.* Là non plus, il n'existe pas beaucoup de cas documentés d'éliminateurs d'électricité statique devenus orphelins. Toutefois, on a enregistré un incident au cours duquel un grand nombre de sources ont été délibérément rassemblées et enterrées.

Sources de catégorie 5

I-70. *Application.* Il existe un grand nombre et une grande variété de sources de catégorie 5 utilisées dans les domaines suivants : spectrométrie de fluorescence X, dispositifs de capture électronique, spectrométrie Mössbauer, contrôle par tomoscintigraphie par émission de positons (PET), cibles de tritium

et détecteurs de fumée. En outre, on peut traiter superficiellement des lésions de la peau et des lésions ophtalmiques en utilisant des sources de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. Dans les années 1970, les applicateurs nasopharyngés (^{90}Sr) ont remplacé la sonde de radium dite « de Crowe ». En outre, les implants permanents de grains radioactifs se sont multipliés. À l'origine, on utilisait des grains de ^{222}Rn et de ^{198}Au . À l'heure actuelle, les implants permanents utilisent de l' ^{125}I , du $^{106}\text{Ru/Rh}$ et du ^{103}Pd .

I-71. *Causes possibles de perte de contrôle.* Les sources de catégorie 5 présentent un risque tellement faible qu'elles n'ont généralement pas besoin d'être prises en compte dans la stratégie nationale. Elles doivent néanmoins continuer à être soumises à des contrôles réglementaires.

Situations particulières

Sources héritées

I-72. *Application.* Les sources héritées sont celles qui sont antérieures à l'entrée en vigueur d'exigences réglementaires, les sources qui n'ont pas été stockées définitivement ou correctement. Le type de sources héritées présentes dépend de la date à laquelle les contrôles réglementaires sont entrés en vigueur dans un État. Ces sources seront probablement majoritairement du radium (encadré I-17), mais pas exclusivement (encadré I-16). La liste suivante fournit des informations sur les types de sources de radium et les utilisations de ces sources au cours de la première moitié du 20^e siècle, certaines contenant des matières radioactives non scellées :

- applications médicales, notamment curiethérapie au radium ;
- appareils contenant un composé luminescent au radium et installations luminescentes ;
- radiographie industrielle utilisant du radium ;
- contrefaçons d'appareils médicaux brevetés ;
- éliminateurs d'électricité statique ;
- détecteurs de fumée industriels ;
- dispositifs de protection contre la foudre.

Encadré I-16. Source orpheline héritée non radium : Inde

En fonction de la date d'introduction d'un contrôle réglementaire dans un État, les sources héritées peuvent n'être pas exclusivement du radium. Le responsable d'une entreprise a demandé des conseils auprès d'un organisme de réglementation au sujet d'une source de ^{137}Cs de 185 GBq dont un membre du personnel a découvert qu'elle appartenait à l'entreprise. Les recherches effectuées ont montré que la source avait été importée par le siège social au début des années 1950, lorsque les contrôles réglementaires en Inde en étaient à leurs débuts. Par conséquent, la source n'a pas été placée sous contrôle réglementaire. Elle a ensuite été traitée comme il convient.

Encadré I-17. Découverte d'instruments luminescents au radium : Royaume-Uni, 1984

Au Royaume-Uni, en 1984, une entreprise spécialisée dans la fourniture de pièces de rechange pour avions d'époque et véhicules militaires a attiré l'attention des autorités compétentes. L'entrepôt de l'entreprise contenait plus de 7 000 caisses d'emballage de pièces de rechange, et dans quelque 2 000 d'entre elles, du radium a été détecté en majeure partie sous la forme d'éléments luminescents. Dans de nombreux cas, le vernis couvrant le composé luminescent s'était rompu et on était en présence d'une contamination au radium.

I-73. *Causes possibles de perte de contrôle.* Si l'industrialisation d'un État et l'utilisation associée de sources radioactives ont démarré préalablement à la mise en place d'une infrastructure réglementaire efficace, on peut supposer qu'un grand nombre des sources héritées sont devenues orphelines. Dans ce cas, la première tâche à accomplir est de créer un registre national. Il faut vérifier que tous les secteurs sont couverts, par exemple les utilisations médicales, industrielles et universitaires (incluant la recherche nucléaire).

I-74. Certains médecins ont acheté leurs propres sources de curiethérapie au radium et les ont stockées chez eux. D'autres personnes peuvent en hériter et ne les découvrir que par hasard. Ces sources, ainsi que d'autres sources de radium, ont été découvertes dans des coffres de banques, où elles ont parfois été stockées en raison de leur valeur à cette époque (100 000 \$ par gramme dans les années 20). Étant donné que les premiers grains de radium se présentaient sous la forme de tubulures fines en or, contenant une solution de sels de radium, certains d'entre eux se sont retrouvés sur le marché du recyclage de l'or. Aux États-Unis, dans les années 1980, une campagne spéciale a permis de récupérer quelques centaines d'éléments en or contaminés au radium [I-12].

I-75. Dans certains États, des installations luminescentes au radium se sont répandues entre les années 1930 et les années 1960-70. Nombre d'entre elles étaient exploitées par l'armée. Il peut s'avérer nécessaire de faire des recherches dans les installations de stockage qui ont géré des stocks importants d'éléments luminescents, comme par exemple certaines installations militaires ou les premiers fabricants d'avions commerciaux ou d'horloges.

Utilisations pour la recherche et dans le monde universitaire

I-76. *Application.* Les applications des sources radioactives dans l'enseignement et la recherche sont extrêmement variées. Presque tous les radionucléides, de tout type d'activité, peuvent être utilisés à des fins de recherche, et par conséquent, les sources concernées peuvent appartenir à presque toutes les catégories.

I-77. Un grand nombre des utilisations médicales et industrielles décrites plus haut sont présentes dans les universités et les instituts de recherche. Après quelques modifications, certaines sources permettent une gamme plus étendue de conditions de fonctionnement à des fins de recherche. Ceci implique souvent de s'en remettre davantage aux procédures d'utilisation qu'aux solutions de sûreté développées dans l'industrie et, par conséquent, la sûreté et la sécurité des sources dans le cadre de ces utilisations posent davantage de défis.

I-78. Toutefois, les sources communes utilisées dans de nombreuses recherches ont une activité faible et/ou une demi-vie courte. Le tritium (^3H) et le ^{14}C sont souvent utilisés, mais ils émettent des rayonnements bêta faibles, entraînant ainsi des problèmes radiologiques moins graves en cas de perte de contrôle. Nombre de ces sources sont utilisées pour la capture électronique, la chromatographie en phase gazeuse et les spectromètres Mössbauer.

I-79. Les exceptions notables sont l'utilisation de sources de ^{60}Co et de ^{137}Cs de grande taille (d'une activité allant jusqu'à 1 PBq) pour irradier ou stériliser des matières et des plantes et l'utilisation de quantités de MBq ou de GBq d' $^{241}\text{Am/Be}$ ou de ^{137}Cs pour les mesures de densité et d'humidité en recherche agricole. Bien que de rares installations d'irradiation soient d'une taille similaire aux installations industrielles, la plupart des dispositifs sont fixes, auto-blindés et conçus pour accepter des échantillons dans une chambre d'irradiation où il est impossible de pénétrer.

I-80. *Causes possibles de perte de contrôle.* Le travail de recherche se fait souvent dans le cadre d'une thèse universitaire ou dans le cadre d'un contrat de financement. Les équipements, notamment les sources de rayonnements, sont

souvent obtenus dans le cadre d'un projet spécifique. Une fois le travail terminé ou le financement épuisé, ces sources sont susceptibles de ne plus être utilisées dans un avenir proche ou lointain et la personne responsable est susceptible de quitter l'organisme. Dans de nombreux cas, les sources sont entreposées, mais il n'en existe plus de « propriétaire » clairement désigné comme responsable dans l'organisme. Ainsi, le principal problème avec les sources destinées à la recherche ou à l'enseignement survient lorsqu'elles sont retirées du service ou que le personnel compétent s'en va (encadré I-18).

Encadré I-18. Accident fatal éventuellement imputable à une source provenant d'un institut de recherche : Estonie, 1994

Un accident radiologique mortel survenu à Tammiku, Estonie, en 1994 [I-13] a impliqué une source d'abord retrouvée dans de la ferraille apportée à une usine de recyclage du métal à Tallin. On pense que la source de ^{137}Cs , estimée à environ 7 TBq, se trouvait dans un assemblage qui faisait probablement partie d'un irradiateur, dans un institut de recherche.

Anciens sites militaires et sites de conflit

I-81. *Application.* Le présent guide de sûreté ne traite pas des utilisations militaires des sources radioactives. Toutefois, être familiarisé avec les utilisations militaires classiques peut servir dans la mesure où, parfois, des sites militaires sont laissés à l'abandon ou réutilisés dans le civil. Parmi les exemples classiques d'utilisations militaires, on peut citer :

- les générateurs thermoélectriques à radio-isotopes (GTR) ;
- les sources pour entraînement de simulation d'attaque nucléaire ;
- les sources d'étalonnage ;
- le radium et le tritium dans des dispositifs lumineux (activités supérieures à celles des utilisations civiles).

I-82. *Causes possibles de perte de contrôle.* Elle peut résulter des situations suivantes :

- retrait de troupes étrangères d'un État ;
- bouleversements politiques majeurs dans un État où la structure de commandement militaire peut ne plus avoir été fonctionnelle pendant un certain temps ;
- états ou régions qui ont été le théâtre de conflits militaires.

I-83. L'expérience a montré que toutes ces situations pouvaient déboucher sur des sources orphelines et constituer une véritable menace pour la population. Si le contrôles des sources de l'époque n'était pas efficace, les sources orphelines peuvent rester dans l'environnement pendant une longue période et, dans certains cas, elles peuvent même dater d'anciens conflits (encadré I-19).

Encadré I-19. Sources dans une zone touchée par la guerre : Croatie, 1991-1995

Près de la moitié du territoire croate a été en guerre de juillet 1991 à septembre 1995. Les dégâts collatéraux ont été considérables et un grand nombre de sources ont été touchées, comme le montre le tableau ci-dessous. La plupart de celles-ci étaient des sources de catégorie 5 ou d'une catégorie inférieure.

Application	Nombre initial de sources	Sources orphelines	
		Récupérées	Incinérées ou perdues
Détecteurs de fumée	8 298	1 710	1 180
Systèmes de protection contre la foudre	151	60	0
Domaine médical	17	0	0
Industrie	103	18	24

Les systèmes de protection contre la foudre, étant les moins protégés, ont subi les dégâts les plus importants.

Les débits de dose accessibles allaient jusqu'à 3 mSv/h à 1 m de la source.

Encadré I-20. Accident impliquant des sources militaires : Lilo (Géorgie), 1997

En 1992, suite à l'effondrement de l'ancienne URSS, l'armée soviétique a abandonné ses installations en Géorgie. L'une d'elles était un camp d'entraînement à Lilo, qui a été repris par l'armée géorgienne. En octobre 1997, 11 soldats ont été victimes de lésions radiologiques au niveau de la peau. Une surveillance radiologique a révélé l'existence de 12 sources de ¹³⁷Cs abandonnées, allant de quelques MBq à 164 GBq. Ces sources avaient été utilisées par les occupants précédents dans le cadre d'une formation de défense civile. Les sources étaient cachées en divers emplacements du site et les personnes en formation chargées de les retrouver. Nombre d'entre elles étaient encore à l'endroit où on les avait cachées. En outre, une source de ⁶⁰Co et 200 petites sources de ²²⁶Ra utilisées sur des systèmes de visée d'armes ont également été retrouvées sur le site. Plus de six ans après, les soldats étaient toujours traités pour leurs blessures.

I-84. Une autre considération concernant les zones de conflits militaires est que les dégâts collatéraux provoqués par les obus, bombes et autres munitions peuvent entraîner des dégâts au niveau des sources de rayonnements elles-mêmes ou aux bâtiments dans lesquels elles se trouvent. Ceci peut entraîner l'abandon de ces installations ou sources, les laissant en proie ou pillage et à la récupération.

RÉFÉRENCES POUR L'ANNEXE I

- [I-1] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, Catégorisation des sources radioactives, collection Normes de sûreté no RS-G-1.9, AIEA, Vienne (2011).
- [I-2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Safety of Gamma, Electron and X Ray Irradiation Facilities, IAEA Safety Standards Series No. SSG-8, IAEA, Vienna (2010).
- [I-3] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, L'accident radiologique de San Salvador, AIEA, Vienne (1991).
- [I-4] COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD NUCLEAR Y SALVAGUARDIAS, Accidente por contaminación con cobalto-60, Rep. CNSNS-IT-001, CNSNS, Mexico City (1984).
- [I-5] AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, L'accident radiologique de Goiânia, AIEA, Vienne (1990).
- [I-6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Istanbul, IAEA, Vienna (2000).
- [I-7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Samut Prakarn, IAEA, Vienna (2002).
- [I-8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Lessons Learned from Accidents in Industrial Radiography, Safety Reports Series No. 7, IAEA, Vienna (1998).
- [I-9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Yanango, IAEA, Vienna (2000).
- [I-10] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Loss of an Iridium-192 Source and Therapy Misadministration at Indiana Regional Cancer Center, Indiana, Pennsylvania, on November 16, 1992, Rep. NUREG-1480, NRC, Washington, DC (1993).
- [I-11] ELEGBA, S.B., "Import/export control of radioactive sources in Nigeria", Safety and Security of Radioactive Sources : Towards a Global System for the Continuous Control of Sources throughout their Life Cycle (Proc. Int. Conf. Bordeaux, 2005), IAEA, Vienna (2006).
- [I-12] LUBENAU, J.O., Unwanted radioactive sources in the public domain : A historical perspective, Health Phys. 76 2 (1999) S16.
- [I-13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, The Radiological Accident in Tammiku, IAEA, Vienna (1998).

Annexe II

PROBLÈMES COURANTS ET SOLUTIONS POSSIBLES RECENSÉS LORS DE MISSIONS DE L'AIEA POUR AIDER À LA MISE AU POINT DE STRATÉGIES NATIONALES

II-1. Entre 2002 et 2005, l'AIEA a dirigé plusieurs missions pour aider les États à élaborer des stratégies nationales de récupération du contrôle de sources orphelines. Les tableaux ci-après présentent des exemples types de quelques problèmes courants, détectés au cours des phases d'évaluation et de mise en place de ces missions. Ils proposent également des idées d'actions possibles, de priorités et de ressources. Ils sont destinés à aider à élaborer un plan d'action dans le cadre d'une stratégie nationale simple. Toutefois, ils ne sont fournis qu'à titre d'orientation, ne sont pas censés servir de liste de contrôle et n'excluent pas non plus d'autres idées ou efforts novateurs permettant d'apporter des solutions plus facilement applicables dans une situation locale donnée.

II-1. Dans le cadre d'une stratégie nationale quelconque, chaque problème doit être décomposé en ses différentes parties et traité en fonction de la situation spécifique de l'État. À chaque problème présenté correspond une solution affectée d'un niveau de priorité.

Problème	Sources orphelines potentielles : Aucune recherche de sources orphelines, administrative ou physique, n'a été faite. Aucun effort régulier n'est fourni pour retrouver des sources qui ne sont pas sous contrôle réglementaire. La conscience de la possibilité d'existence de sources qui ne figurent pas sur le registre est insuffisante.
Action	Dans un premier temps, faire des recherches administratives (et physiques, le cas échéant) pour évaluer la présence possible de sources orphelines. Au cours d'inspections de routine et d'enquêtes, poser des questions et faire des recherches en appliquant les méthodes décrites dans le présent guide de sûreté.
Priorité	Niveau de priorité élevé pour l'évaluation initiale. La catégorie de la source et la durée depuis laquelle elle n'est plus sous contrôle déterminent la priorité des recherches physiques. Des « recherches » de routine doivent désormais avoir lieu régulièrement.

Ressources	L'effort initial requiert des ressources humaines importantes. Les recherches physiques sont généralement très coûteuses.
-------------------	---

Problème	Problèmes liés aux autorisations : Il n'existe pas de procédure d'autorisation ou de licence. Les formulaires de demande d'autorisation comportent de nombreuses lacunes. Les frais associés n'incitent pas à la conduite souhaitée. Il n'existe pas d'exigence de notification à l'autorité de réglementation ni à aucune autre autorité gouvernementale compétente en cas de perte de sources.
Action	Mettre en place un processus d'autorisation tel que toutes les informations nécessaires à la justification de l'autorisation soient disponibles. S'assurer que toutes les données nécessaires pour le registre soient rassemblées au moment voulu et que les frais et procédures incitent aux résultats souhaités. Revoir les règles ou réglementations qui obligent à déclarer la perte de sources.
Priorité	Élevée
Ressources	Ressources humaines pour élaborer et mettre en œuvre un processus d'autorisation de qualité.

Problème	Enquêtes non effectuées dans des installations connues pour avoir détenu des sources : Des enquêtes n'ont pas été effectuées dans des installations où l'on ne sait pas si les sources ont été stockées définitivement. Certaines installations ont été laissées à l'abandon ou ont fait faillite.
Action	Obtenir l'autorisation de procéder à des recherches physiques dans les installations concernées. Mettre au point une procédure imposant de contacter toutes les installations à intervalles réguliers, de sorte à être informé si une installation cesse ses activités.
Priorité	Peut être élevée ou faible pour les installations ayant déjà arrêté leurs activités, selon les sources qu'elles détenaient. Faible pour la mise en place de nouvelles procédures obligeant à effectuer des enquêtes.

Ressources	Temps nécessaire au personnel pour obtenir les autorisations nécessaires. Temps nécessaire au personnel pour élaborer et mettre en œuvre des procédures de vérification de routine.
-------------------	---

Problème	Sources retirées du service connues : Il existe des sources connues pour avoir été retirées du service à au moins un endroit. Certaines de ces sources sont dans des catégories élevées. Certaines de ces sources sont vulnérables en ce sens que le niveau de contrôle auquel elles sont soumises est inapproprié.
Action	Mettre en place une campagne pour faire passer ces sources sous contrôle. Commencer par les sources des catégories les plus élevées et contrôler qu'elles soient placées dans une situation sûre et sécurisée. Ceci peut vouloir dire améliorer leur stockage actuel, les faire passer dans une installation d'entreposage centralisé ou de stockage définitif, ou les renvoyer à leur fournisseur. S'il n'existe pas d'installations convenables, il faudra construire une installation locale ou régionale.
Priorité	Plus la source est de catégorie élevée, plus elle est vulnérable, plus la priorité est élevée.
Ressources	Les ressources nécessaires dépendent dans une large mesure des données de la situation. Elles peuvent néanmoins être considérables.

Problème	Il n'existe pas de site temporaire ni permanent adéquat pour entreposer ou stocker définitivement des sources retirées du service : Il n'existe pas d'installation nationale de stockage définitif des déchets radioactifs, ni d'installation d'entreposage provisoire des sources.
Action	Créer une installation d'entreposage des sources temporaire sûre et sécurisée. Amorcer le processus de conception, de financement et de construction d'une installation de stockage définitif ou de mise au rebut, telle qu'une fosse de stockage définitif.

Priorité	Élevée pour une installation d'entreposage temporaire. Moyenne pour une installation de stockage définitif ou de mise au rebut.
Ressources	Les coûts d'une installation d'entreposage temporaire sont fonction de l'ampleur des travaux à effectuer à l'endroit choisi. Par exemple, un conteneur de fret dans une enceinte close par une barrière a servi d'installation d'entreposage temporaire à relativement peu de frais. Une installation permanente est beaucoup plus chère, mais la mise au rebut des sources dans une fosse est envisageable et moins onéreuse que la construction d'un site national de stockage définitif des déchets de plus grande taille.

Problème	Aucune information sur l'importation (ou l'exportation) des sources n'est disponible : Soit il n'est pas obligatoire de déclarer les sources entrant dans l'État, soit cette obligation n'est pas rigoureusement respectée et imposée.
Action	Définir, mettre en œuvre et faire appliquer des exigences relatives aux importations et exportations de sources radioactives qui soient au minimum conformes aux orientations fournies dans le Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives.
Priorité	Élevée.
Ressources	Ressources humaines considérables pendant une longue période s'il n'existe pas de lois ni de réglementations en place. Effort moindre mais néanmoins important pour faire appliquer les exigences de déclaration existantes.

Problème	Problèmes de surveillance des frontières : Les frontières ne sont pas surveillées ou le sont mal. Les responsables de l'application des lois, des douanes, de la surveillance des frontières et des ports susceptibles d'être exposés à des sources radioactives ne sont pas formés. Il n'existe pas d'équipement ni de support d'experts pour ces personnels en cas de découverte de matières radioactives.
-----------------	---

Action	Procéder à une analyse des besoins au niveau de la surveillance des frontières et de son efficacité probable pour détecter les sources orphelines ou le trafic illicite. Proposer l'équipement, la formation et le support nécessaires en se basant sur cette analyse.
Priorité	Dépend de la probabilité d'entrée de sources orphelines ou de sources illicites dans l'État. La formation et l'aide d'experts pour le personnel de surveillance des frontières est généralement d'un niveau de priorité moyen à élevé.
Ressources	Personnel pour collecter les données et effectuer l'analyse. Les coûts de l'équipement requis peuvent être considérables (les portiques de détection coûtent environ 100 000 \$, un équipement complet de contrôle radiologique coûte environ 70 000 \$). À ceci s'ajoutent les coûts de maintenance de l'équipement.

Problème	Les services de police et les autres agences d'application de la loi ne sont pas informés des problèmes de trafic illicite : Il existe un manque de communication entre les fonctionnaires des douanes, l'organisme de réglementation et les services de police, en particulier en cas de vol, de perte ou de détection de sources.
Action	Définir des protocoles d'accord (MOU en anglais) entre les agences compétentes. Proposer des séances de formation communes de façon à ce que le personnel apprenne à se connaître et discute de problèmes communs.
Priorité	Élevée à moyenne, selon la gravité du problème.
Ressources	Temps accordé au personnel pour élaborer des protocoles d'accord et parvenir à un accord. Temps et coût considérables pour mettre au point des séances de formation communes et dégager des horaires pour permettre au personnel d'assister à ces cours.

Problème	La sécurité des sources n'est pas prise en compte : Les sources sont utilisées, entreposées et transportées sans qu'une attention particulière ne soit accordée aux problèmes de sécurité.
Action	Faire une comparaison entre la sécurité de toutes les sources et les orientations proposées et apporter les modifications nécessaires, le cas échéant. Penser à modifier les conditions d'autorisation des sources à mesure qu'elles sont renouvelées pour y inclure des dispositions de sécurité.
Priorité	Priorité élevée pour les sources de catégorie 1 et 2. Priorité moyenne pour la catégorie 3.
Ressources	Des inspections de sécurité peuvent être incluses dans les inspections de routine chez les titulaires de licence, avec un impact minimal sur le temps du personnel. Le coût des mises à niveau de sécurité peut être élevé.

Problème	On soupçonne l'existence de sources retirées du service : On a des soupçons ou des indices selon lesquels il existe des sources retirées du service dont l'organisme de réglementation n'est pas informé.
Action	Faire des annonces et informer que la déclaration et la collecte de sources radioactives qui ne sont plus utilisées depuis longtemps feront l'objet d'une amnistie. Collecter et sécuriser toutes les sources déclarées à titre gracieux pour le propriétaire actuel.
Priorité	Moyenne.
Ressources	Les coûts des annonces, de la collecte, du transport, de l'entreposage et du stockage définitif des sources retirées du service peuvent être importants.

Problème	Manque de surveillance de la ferraille : L'industrie de recyclage du métal est peu ou mal surveillée.
Action	Inciter les entreprises de revente de ferraille de grande taille à acquérir et installer des dispositifs de contrôle radiologique et à former leur personnel à reconnaître le trèfle, symbole de mise en garde contre les rayonnements, et les conteneurs types de sources.
Priorité	Moyenne.
Ressources	Coûts de création des supports de formation appropriés pour sensibiliser au problème. Coûts de récupération, d'entreposage ou de stockage définitif des sources détectées. En général, l'industrie prend en charge les dispositifs installés ou portatifs, une fois les risques potentiels associés aux sources orphelines entrant dans le cycle de recyclage du métal identifiés.

Problème	Pas de campagnes de sensibilisation pour les installations de recyclage du métal : Aucun effort n'est fait pour informer les revendeurs de ferraille de la présence possible de sources orphelines et de leur aspect.
Action	Adresser une lettre à chaque installation de recyclage du métal l'informant du problème et y joindre des dépliants provenant du kit d'informations de l'AIEA sur la ferraille.
Priorité	Moyenne.
Ressources	Temps pour rédiger et envoyer une lettre. Frais de port. Utilisation de publications gratuites de l'AIEA.

PERSONNES AYANT COLLABORÉ À LA RÉDACTION ET À L'EXAMEN

Cain, C.	Commission de la réglementation nucléaire (États-Unis d'Amérique)
Croft, J.	Agence de protection de la santé (Royaume-Uni)
Dodd, B.	BD Consulting (États-Unis d'Amérique)
Kutkov, V.	Agence internationale de l'énergie atomique
Reber, E.	Agence internationale de l'énergie atomique
Zelege, A.	Organisme national de radioprotection (Éthiopie)
Zombori, P.	Agence internationale de l'énergie atomique

ORGANES D'APPROBATION DES NORMES DE SÛRETÉ DE L'AIEA

Les membres correspondants sont signalés par un astérisque. Ils reçoivent les projets à commenter et le reste de la documentation, mais n'assistent pas généralement aux réunions. Les suppléants sont signalés par deux astérisques.

Commission des normes de sûreté

Afrique du Sud : Magugumela, M.T. ; *Allemagne* : Majer, D. ; *Argentine* : González, A.J. ; *Australie* : Loy, J. ; *Belgique* : Samain, J.-P. ; *Brésil* : Vinhas, L.A. ; *Canada* : Jammal, R. ; *Chine* : Liu Hua ; *Corée, République de* : Choul-Ho Yun ; *Égypte* : Barakat, M. ; *Espagne* : Barceló Vernet, J. ; *États-Unis d'Amérique* : Virgilio, M. ; *Fédération de Russie* : Adamchik, S. ; *Finlande* : Laaksonen, J. ; *France* : Lacoste, A.-C. (Président) ; *Inde* : Sharma, S.K. ; *Israël* : Levanon, I. ; *Japon* : Fukushima, A. ; *Lituanie* : Maksimovas, G. ; *Pakistan* : Rahman, M.S. ; *Royaume-Uni* : Weightman, M. ; *Suède* : Larsson, C.M. ; *Ukraine* : Mykolaichuk, O. ; *Viet Nam* : Le-chi Dung ; *Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire* : Yoshimura, U. ; *AIEA* : Delattre, D. (Coordonnateur) ; *Commission européenne* : Faross, P. ; *Commission internationale de protection radiologique* : Holm, L.-E. ; *Groupe consultatif sur la sécurité nucléaire* : Hashmi, J.A. ; *Groupe international pour la sûreté nucléaire* : Meserve, R. ; *Présidents du Comité des normes de sûreté* : Brach, E.W. (TRANSSC) ; Magnusson, S. (RASSC) ; Pather, T. (WASSC) ; Vaughan, G.J. (NUSSC).

Comité des normes de sûreté nucléaire

Afrique du Sud : Leotwane, W. ; *Algérie* : Merrouche, D. ; *Allemagne* : Wassilew, C. ; *Argentine* : Waldman, R. ; *Australie* : Le Cann, G. ; *Autriche* : Sholly, S. ; *Belgique* : De Boeck, B. ; *Brésil* : Gromann, A. ; **Bulgarie* : Gledachev, Y. ; *Canada* : Rzentkowski, G. ; *Chine* : Jingxi Li ; **Chypre* : Demetriades, P. ; *Corée, République de* : HyunKoon Kim ; *Croatie* : Valčić, I. ; *Égypte* : Ibrahim, M. ; *Espagne* : Zarzuela, J. ; *États-Unis d'Amérique* : Mayfield, M. ; *Fédération de Russie* : Baranaev, Y. ; *Finlande* : Järvinen, M.-L. ; *France* : Feron, F. ; *Ghana* : Emi-Reynolds, G. ; **Grèce* : Camarinopoulos, L. ; *Hongrie* : Adorján, F. ; *Inde* : Vaze, K. ; *Indonésie* : Antariksawan, A. ; *Iran, République islamique d'* : Asgharizadeh, F. ; *Israël* :

Hirshfeld, H. ; *Italie* : Bava, G. ; *Jamahiriya arabe libyenne* : Abuzid, O. ; *Japon* : Kanda, T. ; *Lituanie* : Demčenko, M. ; *Malaisie* : Azlina Mohammed Jais ; *Maroc* : Soufi, I. ; *Mexique* : Carrera, A. ; *Pakistan* : Habib, M.A. ; *Pays-Bas* : van der Wiel, L. ; *Pologne* : Jurkowski, M. ; *République tchèque* : Šváb, M. ; *Roumanie* : Biro, L. ; *Royaume-Uni* : Vaughan, G.J. (Président) ; *Slovaquie* : Uhrík, P. ; *Slovénie* : Vojnovič, D. ; *Suède* : Hallman, A. ; *Suisse* : Flury, P. ; *Tunisie* : Baccouche, S. ; *Turquie* : Bezdegumeli, U. ; *Ukraine* : Shumkova, N. ; *Uruguay* : Nader, A. ; *Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire* : Reig, J. ; *AIEA* : Feige, G. (Coordonnateur) ; **Association nucléaire mondiale* : Borysova, I. ; *Commission électrotechnique internationale* : Bouard, J.-P. ; *Commission européenne* : Vigne, S. ; *FORATOM* : Fourest, B. ; *Organisation internationale de normalisation* : Sevestre, B.

Comité des normes de sûreté radiologique

Afrique du Sud : Olivier, J.H.I. ; **Algérie* : Chelbani, S. ; *Allemagne* : Helming, M. ; *Argentine* : Massera, G. ; *Australie* : Melbourne, A. ; **Autriche* : Karg, V. ; *Belgique* : van Bladel, L. ; *Brésil* : Rodriguez Rochedo, E.R. ; **Bulgarie* : Katzarska, L. ; *Canada* : Clement, C. ; *Chine* : Huating Yang ; **Chypre* : Demetriades, P. ; *Corée, République de* : Byung-Soo Lee ; *Croatie* : Kralik, I. ; **Cuba* : Betancourt Hernandez, L. ; *Danemark* : Øhlenschläger, M. ; *Égypte* : Hassib, G.M. ; *Espagne* : Amor Calvo, I. ; *Estonie* : Lust, M. ; *États-Unis d'Amérique* : Lewis, R. ; *Fédération de Russie* : Savkin, M. ; *Finlande* : Markkanen, M. ; *France* : Godet, J.-L. ; *Ghana* : Amoako, J. ; **Grèce* : Kamenopoulou, V. ; *Hongrie* : Koblinger, L. ; *Inde* : Sharma, D.N. ; *Indonésie* : Widodo, S. ; *Iran, République islamique d'* : Kardan, M.R. ; *Irlande* : Colgan, T. ; *Islande* : Magnusson, S. (Présient) ; *Israël* : Koch, J. ; *Italie* : Bologna, L. ; *Jamahiriya arabe libyenne* : Busitta, M. ; *Japon* : Kiryu, Y. ; **Lettonie* : Salmins, A. ; *Lituanie* : Mastauskas, A. ; *Malaisie* : Hamrah, M.A. ; *Maroc* : Tazi, S. ; *Mexique* : Delgado Guardado, J. ; *Norvège* : Saxebol, G. ; *Pakistan* : Ali, M. ; *Paraguay* : Romero de Gonzalez, V. ; *Pays-Bas* : Zuur, C. ; *Philippines* : Valdezco, E. ; *Pologne* : Merta, A. ; *Portugal* : Dias de Oliveira, A.M. ; *République tchèque* : Petrova, K. ; *Roumanie* : Rodna, A. ; *Royaume-Uni* : Robinson, I. ; *Slovaquie* : Jurina, V. ; *Slovénie* : Sutej, T. ; *Suède* : Almen, A. ; *Suisse* : Piller, G. ; **Thaïlande* : Suntarapai, P. ; *Tunisie* : Chékir, Z. ; *Turquie* : Okyar, H.B. ; *Ukraine* : Pavlenko, T. ; **Uruguay* : Nader, A. ; *Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire* : Lazo, T.E. ; *AIEA* : Boal, T. (Coordonnateur) ; *Association internationale de producteurs et de fournisseurs de sources* : Fasten, W. ; *Association nucléaire mondiale* : Saint-Pierre, S. ; *Bureau international du Travail* : Niu, S. ; *Comité scientifique des Nations Unies*

pour l'étude des effets des rayonnements ionisants : Crick, M. ; Commission électrotechnique internationale : Thompson, I. ; Commission européenne : Janssens, A. ; Commission internationale de protection radiologique : Valentin, J. ; Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture : Byron, D. ; Organisation internationale de normalisation : Rannou, A. ; Organisation mondiale de la Santé : Carr, Z. ; Organisation panaméricaine de la Santé : Jiménez, P.

Comité des normes de sûreté du transport

Afrique du Sud : Hinrichsen, P. ; *Allemagne* : Rein, H. ; *Nitsche, F. ; **Alter, U. ; *Argentine* : López Vietri, J. ; **Capadona, N.M. ; *Australie* : Sarkar, S. ; *Autriche* : Kirchnawy, F. ; *Belgique* : Cottens, E. ; *Brésil* : Xavier, A.M. ; *Bulgarie* : Bakalova, A. ; *Canada* : Régimbald, A. ; *Chine* : Xiaoqing Li ; **Chypre* : Demetriades, P. ; *Corée, République de* : Dae-Hyung Cho ; *Croatie* : Belamarić, N. ; **Cuba* : Quevedo Garcia, J.R. ; *Danemark* : Breddam, K. ; *Égypte* : El-Shinawy, R.M.K. ; *Espagne* : Zamora Martin, F. ; *États-Unis d'Amérique* : Boyle, R.W. ; Brach, E.W. (Président) ; *Fédération de Russie* : Buchelnikov, A.E. ; *Finlande* : Lahkola, A. ; *France* : Landier, D. ; *Ghana* : Emi-Reynolds, G. ; **Grèce* : Vogiatzi, S. ; *Hongrie* : Sáfár, J. ; *Inde* : Agarwal, S.P. ; *Indonésie* : Wisnubroto, D. ; *Iran, République islamique d'* : Eshraghi, A. ; *Emamjomeh, A. ; *Irlande* : Duffy, J. ; *Israël* : Koch, J. ; *Italie* : Trivelloni, S. ; **Orsini, A. ; *Jamahiriya arabe libyenne* : Kekli, A.T. ; *Japon* : Hanaki, I. ; *Lituanie* : Statkus, V. ; *Malaisie* : Sobari, M.P.M. ; **Husain, Z.A. ; **Maroc* : Allach, A. ; *Mexique* : Bautista Arteaga, D.M. ; **Delgado Guardado, J.L. ; *Norvège* : Hornkjøl, S. ; **Nouvelle-Zélande* : Ardouin, C. ; *Pakistan* : Rashid, M. ; **Paraguay* : More Torres, L.E. ; *Pays-Bas* : Ter Morshuizen, M. ; *Pologne* : Dziubiak, T. ; *Portugal* : Buxo da Trindade, R. ; *République tchèque* : Ducháček, V. ; *Royaume-Uni* : Sallit, G. ; *Suède* : Häggblom, E. ; **Svahn, B. ; *Suisse* : Krietsch, T. ; *Thaïlande* : Jerachanchai, S. ; *Turquie* : Ertürk, K. ; *Ukraine* : Lopatin, S. ; *Uruguay* : Nader, A. ; *Cabral, W. ; *AIEA* : Stewart, J.T. (Coordonnateur) ; *Association du transport aérien international* : Brennan, D. ; *Association internationale de producteurs et de fournisseurs de sources* : Miller, J.J. ; **Roughan, K. ; *Association nucléaire mondiale* : Gorlin, S. ; *Commission économique des Nations Unies pour l'Europe* : Kervella, O. ; *Commission européenne* : Binet, J. ; *Fédération internationale des associations de pilotes de ligne* : Tisdall, A. ; **Gessler, M. ; *Institut mondial des transports nucléaires* : Green, L. ; *Organisation de l'aviation civile internationale* : Rooney, K. ; *Organisation internationale de normalisation* : Malesys, P. ; *Organisation maritime internationale* : Rahim, I. ; *Union postale universelle* : Bowers, D.G.

Comité des normes de sûreté des déchets

Afrique du Sud : Pather, T. (Président) ; *Algérie* : Abdenacer, G. ; *Allemagne* : Götz, C. ; *Argentine* : Biaggio, A. ; *Australie* : Williams, G. ; **Autriche* : Fischer, H. ; *Belgique* : Blommaert, W. ; *Brésil* : Tostes, M. ; **Bulgarie* : Simeonov, G. ; *Canada* : Howard, D. ; *Chine* : Zhimin Qu ; *Chypre* : Demetriades, P. ; *Corée, République de* : Won-Jae Park ; *Croatie* : Trifunovic, D. ; *Cuba* : Fernandez, A. ; *Danemark* : Nielsen, C. ; *Égypte* : Mohamed, Y. ; *Espagne* : Sanz Aludan, M. ; *Estonie* : Lust, M. ; *États-Unis d'Amérique* : Camper, L. ; *Finlande* : Hutri, K. ; *France* : Rieu, J. ; *Ghana* : Faanu, A. ; *Grèce* : Tzika, F. ; *Hongrie* : Czoch, I. ; *Inde* : Rana, D. ; *Indonésie* : Wisnubroto, D. ; *Iran, République islamique d'* : Assadi, M. ; **Zarghami*, R. ; *Iraq* : Abbas, H. ; *Israël* : Dody, A. ; *Italie* : Dionisi, M. ; *Jamahiriya arabe libyenne* : Elfawares, A. ; *Japon* : Matsuo, H. ; **Lettonie* : Salmis, A. ; *Lituanie* : Paulikas, V. ; *Malaisie* : Sudin, M. ; **Maroc* : Barkouch, R. ; *Mexique* : Aguirre Gómez, J. ; *Pakistan* : Mannan, A. ; **Paraguay* : Idoyaga Navarro, M. ; *Pays-Bas* : van der Shaaf, M. ; *Pologne* : Wlodarski, J. ; *Portugal* : Flausino de Paiva, M. ; *République tchèque* : Lietava, P. ; *Royaume-Uni* : Chandler, S. ; *Slovaquie* : Homola, J. ; *Slovénie* : Mele, I. ; *Suède* : Frise, L. ; *Suisse* : Wanner, H. ; **Thaïlande* : Supaokit, P. ; *Tunisie* : Bousselmi, M. ; *Turquie* : Özdemir, T. ; *Ukraine* : Makarovska, O. ; **Uruguay* : Nader, A. ; *Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire* : Riotte, H. ; *AIEA* : Siraky, G. (Coordonnateur) ; *Association internationale de producteurs et de fournisseurs de sources* : Fasten, W. ; *Association nucléaire mondiale* : Saint-Pierre, S. ; *Commission européenne* : Necheva, C. ; *Normes européennes de sûreté des installations nucléaires* : Lorenz, B. ; **Normes européennes de sûreté des installations nucléaires* : Zaiss, W. ; *Organisation internationale de normalisation* : Hutson, G.



IAEA

Agence internationale de l'énergie atomique

N° 23

OÙ COMMANDER ?

Dans les pays suivants, vous pouvez vous procurer les publications de l'AIEA disponibles à la vente chez nos dépositaires ci-dessous ou dans les grandes librairies.

Les publications non destinées à la vente doivent être commandées directement à l'AIEA. Les coordonnées figurent à la fin de la liste ci-dessous.

ALLEMAGNE

Goethe Buchhandlung Teubig GmbH

Schweitzer Fachinformationen

Willstätterstrasse 15, 40549 Düsseldorf, ALLEMAGNE

Téléphone : +49 (0) 211 49 8740 • Fax : +49 (0) 211 49 87428

Courriel : s.dehaan@schweitzer-online.de • Site web : <http://www.goethebuch.de>

AUSTRALIE

DA Information Services

648 Whitehorse Road, Mitcham, VIC 3132, AUSTRALIE

Téléphone : +61 3 9210 7777 • Fax : +32 3 9210 7788

Courriel : books@dadirect.com.au • Site web : <http://www.dadirect.com.au>

BELGIQUE

Jean de Lannoy

Avenue du Roi 202, 1190 Bruxelles, BELGIQUE

Téléphone : +32 2 5384 308 • Fax : +32 2 5380 841

Courriel : jean.de.lannoy@euronet.be • Site web : <http://www.jean-de-lannoy.be>

CANADA

Renouf Publishing Co. Ltd.

5369 Canotek Road, Ottawa, ON K1J 9J3, CANADA

Téléphone : +1 613 745 2665 • Fax : +1 643 745 7660

Courriel : order@renoufbooks.com • Site web : <http://www.renoufbooks.com>

Bernan Associates

4501 Forbes Blvd., Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Téléphone : +1 800 865 3457 • Fax : +1 800 865 3450

Courriel : orders@bernan.com • Site web : <http://www.bernan.com>

ESPAGNE

Díaz de Santos, S.A.

Librerías Bookshop • Departamento de pedidos

Calle Albasanz 2, esquina Hermanos Garcia Noblejas 21, 28037 Madrid, ESPAGNE

Téléphone : +34 917 43 48 90 • Fax : +34 917 43 4023

Courriel : compras@diazdesantos.es • Site web : <http://www.diazdesantos.es>

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Bernan Associates

4501 Forbes Blvd., Suite 200, Lanham, MD 20706-4391, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Téléphone : +1 800 865 3457 • Fax : +1 800 865 3450

Courriel : orders@bernan.com • Site web : <http://www.bernan.com>

Renouf Publishing Co. Ltd.

812 Proctor Avenue, Ogdensburg, NY 13669, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Téléphone : +1 888 551 7470 • Fax : +1 888 551 7471

Courriel : orders@renoufbooks.com • Site web : <http://www.renoufbooks.com>

FINLANDE

Akateeminen Kirjakauppa

PO Box 128 (Keskuskatu 1), 00101 Helsinki, FINLANDE

Téléphone : +358 9 121 41 • Fax : +358 9 121 4450

Courriel : akatilaus@akateeminen.com • Site web : <http://www.akateeminen.com>

FRANCE

Form-Edit

5 rue Janssen, B.P. 25, 75921 Paris CEDEX, FRANCE

Téléphone : +33 1 42 01 49 49 • Fax : +33 1 42 01 90 90

Courriel : fabien.boucard@formedit.fr • Site web : <http://www.formedit.fr>

Lavoisier SAS

14 rue de Provigny, 94236 Cachan CEDEX, FRANCE

Téléphone : +33 1 47 40 67 00 • Fax : +33 1 47 40 67 02

Courriel : livres@lavoisier.fr • Site web : <http://www.lavoisier.fr>

L'Appel du livre

99 rue de Charonne, 75011 Paris, FRANCE

Téléphone : +33 1 43 07 50 80 • Fax : +33 1 43 07 50 80

Courriel : livres@appeldulivre.fr • Site web : <http://www.appeldulivre.fr>

HONGRIE

Librotrade Ltd., Book Import

PF 126, 1656 Budapest, HONGRIE

Téléphone : +36 1 257 7777 • Fax : +36 1 257 7472

Courriel : books@librotrade.hu • Site web : <http://www.librotrade.hu>

INDE

Allied Publishers

1st Floor, Dubash House, 15, J.N. Heredi Marg

Ballard Estate, Mumbai 400001, INDE

Téléphone : +91 22 2261 7926/27 • Fax : +91 22 2261 7928

Courriel : alliedpl@vsnl.com • Site web : <http://www.alliedpublishers.com>

Bookwell

3/79 Nirankari, Delhi 110009, INDE

Téléphone : +91 11 2760 1283/4536

Courriel : bkwell@nde.vsnl.net.in • Site web : <http://www.bookwellindia.com>

ITALIE

Libreria Scientifica "AEIOU"

Via Vincenzo Maria Coronelli 6, 20146 Milan, ITALIE

Téléphone : +39 02 48 95 45 52 • Fax : +39 02 48 95 45 48

Courriel : info@libreriaaeiou.eu • Site web : <http://www.libreriaaeiou.eu>

JAPON

Maruzen Co., Ltd.

1-9-18 Kaigan, Minato-ku, Tokyo 105-0022, JAPON

Téléphone : +81 3 6367 6047 • Fax : +81 3 6367 6160

Courriel : journal@maruzen.co.jp • Site web : <http://maruzen.co.jp>

PAYS-BAS

Martinus Nijhoff International

Koraalrood 50, Postbus 1853, 2700 CZ Zoetermeer, PAYS-BAS

Téléphone : +31 793 684 400 • Fax : +31 793 615 698

Courriel : info@nijhoff.nl • Site web : <http://www.nijhoff.nl>

RÉPUBLIQUE TCHÈQUE

Suweco CZ, spol. S.r.o.

Klecakova 347, 180 21 Prague 9, RÉPUBLIQUE TCHÈQUE

Téléphone : +420242 459 202 • Fax : +420 242 459 203

Courriel : nakup@suweco.cz • Site web : <http://www.suweco.cz>

ROYAUME-UNI

The Stationery Office Ltd. (TSO)

PO Box 29, Norwich, Norfolk, NR3 1PD, ROYAUME-UNI

Téléphone : +44 870 600 5552

Courriel (commandes) : books.orders@tso.co.uk • (renseignements) : book.enquiries@tso.co.uk

Site web : <http://www.tso.co.uk>

SLOVÉNIE

Cankarjeva Založba dd

Kopitarjeva 2, 1515 Ljubljana, SLOVÉNIE

Téléphone : +386 1 432 31 44 • Fax : +386 1 230 14 35

Courriel : import.books@cankarjeva-z.si • Site web : http://www.mladinska.com/cankarjeva_zalozba

NATIONS UNIES (ONU)

300 East 42nd Street, IN-919J, New York, NY 1001, ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

Téléphone : +1 212 963 8302 • Fax : +1 212 963 3489

Courriel : publications@un.org • Site web : <http://www.unp.un.org>

Les commandes de publications destinées ou non à la vente peuvent être adressées directement à :

Section d'édition de l'AIEA, Unité de la promotion et de la vente

Agence internationale de l'énergie atomique

Centre international de Vienne, B.P. 100, 1400 Vienne (Autriche)

Téléphone : +43 1 2600 22529 (ou 22488) • Fax : +43 1 2600 29302

Courriel : sales.publications@iaea.org • Site web : <http://www.iaea.org/books>

Des normes internationales pour la sûreté

« Les gouvernements, les organismes de réglementation et les exploitants doivent veiller à ce que les matières nucléaires et les sources de rayonnements soient partout utilisées de manière bénéfique, sûre et éthique. Les normes de sûreté de l'AIEA sont conçues pour faciliter cet objectif, et j'encourage tous les États Membres à les utiliser. »

Yukiya Amano
Directeur général

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE
VIENNE

ISBN 978-92-0-210314-6

ISSN 1020-5829