

Applications des rayonnements et gestion des déchets: mesures à prendre en fin de parcours

Les Etats Membres de l'AIEA reçoivent des avis et un appui pratiques visant à leur permettre d'assurer la gestion sûre des sources radioactives après utilisation

par C. Bergman
et B.G.
Pettersson

Les accidents radiologiques enregistrés à la suite d'erreurs de manipulation et de stockage de sources de rayonnements usées ayant fait une vingtaine de victimes parmi les personnes du public, l'AIEA a mis sur pied une série de services afin d'aider les pays intéressés à se doter de systèmes efficaces de contrôle, de gestion et d'évacuation des sources usées.

Le présent article passe en revue les applications nucléaires faisant intervenir des sources de rayonnements scellées. On y souligne les applications communes de ces sources et on y expose les principes et les techniques permettant de les gérer de façon sûre après utilisation.

Applications des sources de rayonnements scellées

Quasiment tous les Etats Membres de l'AIEA utilisent de plus en plus couramment divers types de sources scellées de rayonnements de plus ou moins forte intensité. C'est dans l'industrie que la gamme de radionucléides et la fourchette d'activité sont les plus variées. Dans le domaine médical, elles sont plus limitées. Presque tous les radionucléides peuvent être utilisés dans la recherche, mais leur activité se situe en général en bas de la fourchette; à cet égard, les sources de rayonnements des irradiateurs utilisés pour la recherche en biologie constituent une exception notable.

Sources de rayonnements utilisées dans l'industrie. Une proportion importante des sources de rayonnements est utilisée pour la conduite de processus ou le contrôle de la qualité. La radiographie et les jauges industrielles en sont des exemples typiques.

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

Le but de la radiographie est de détecter la présence éventuelle d'imperfections, de vides ou de corps étrangers dans un échantillon. Cette technique est utilisée dans l'industrie du bâtiment, principalement pour vérifier la qualité des soudures, et dans la sidérurgie pour vérifier la qualité de produits manufacturés tels que des éléments de tuyauterie et les articles en fonte. A ces fins, on utilise principalement du cobalt 60 et de l'iridium 192.

Les appareils de radiographie comportent un boîtier de blindage et un mécanisme de positionnement de la source pour l'exposition. Les appareils utilisés dans l'industrie du bâtiment sont portables, mais dans la sidérurgie ils sont fixes et souvent installés dans des enceintes spéciales.

Les jauges industrielles servent notamment à déterminer l'épaisseur, la densité ou la teneur en humidité de matériaux donnés pendant la production ou immédiatement après, ou à surveiller les niveaux de remplissage de cuves ou de réservoirs. Les sources bêta (strontium 90 et krypton 85) sont utilisées pour mesurer l'épaisseur ou la densité du papier, des plastiques et de tôles fines en métaux légers. Pour les métaux plus denses, par exemple les tôles fortes, il faut utiliser des sources gamma (césium 137 et iridium 192). Les jauges de niveau fonctionnent souvent avec du césium 137 et du cobalt 60. Les jauges à usage plus spécialisé servant à déterminer la densité, la porosité et la teneur en humidité ou en hydrocarbures de structures géologiques ou de matériaux de construction fonctionnent avec de l'américium 241/béryllium et du césium 137. Des sources au cobalt 60 et au césium 137 de haute activité sont utilisées pour la stérilisation de gants, de seringues et d'autres fournitures médicales dans des installations conçues à cet effet. Elles trouvent également des applications dans la conservation des aliments.

Sources de rayonnements utilisées en médecine. Les principales applications des sources

de rayonnements en médecine sont la curiethérapie et la téléthérapie. Le terme curiethérapie désigne l'irradiation interstitielle ou intracavitaire à l'aide de sources radioactives placées directement dans la tumeur ou très près. La source peut être positionnée manuellement ou par télécommande.

Initialement, on utilisait exclusivement du radium 226 en curiethérapie. Les nouvelles méthodes ont rendu la plupart des sources de radium inutiles, mais cette matière est encore utilisée de manière limitée. Les radionucléides actuellement utilisés dans le domaine médical sont principalement le césium 137, le cobalt 60 et l'iridium 192. On utilise également le strontium 90 pour le traitement superficiel des lésions de la peau et de l'œil.

Des sources au cobalt 60 ou au césium 137 de haute activité sont utilisées en téléthérapie. Elles sont toujours montées dans une gaine de protection spécialement conçue à cet effet et utilisées dans des enceintes blindées.

Sources de rayonnements utilisées dans la recherche. Dans le domaine de la recherche, les applications des sources de rayonnements scellées sont très nombreuses. Presque tous les radionucléides peuvent être utilisés pour des travaux de recherche. La plupart des sources de rayonnements utilisées dans ce domaine sont de faible activité et/ou de courte période radioactive. Il existe néanmoins des exceptions, notamment dans le domaine de la recherche biologique, où on emploie des sources de haute activité. On a recours au cobalt 60 et au césium 137 pour irradier ou stériliser des matériaux et des végétaux et à l'américium 241/béryllium ou au césium 137 pour mesurer la densité et l'humidité en recherche agronomique. En outre, on continue parfois d'utiliser des sources au radium 226 et au radium 226/béryllium pour étalonner des instruments ou dans le cadre de programmes d'enseignement universitaire (voir tableaux).

Principes de gestion des déchets

Le danger que présentent les matières radioactives tient principalement au fait que celles-ci ont pour caractéristique intrinsèque d'émettre des rayonnements ionisants, et ce, que les matières et les sources de rayonnements soient utilisées ou non. Une source de rayonnements qui n'est plus utilisée est traitée comme un déchet radioactif et reste donc potentiellement aussi dangereuse que lorsqu'elle était en service. Une source de rayonnements en service, souvent considérée comme une source précieuse, incite le propriétaire à mieux la contrôler qu'une source usée, laquelle représente une charge (coût d'évacuation). Ce facteur, ajouté au fait que personne ne souhaite les conserver pour des utilisations ultérieures, rend souvent les sources de rayonnements usées plus dangereuses que celles qui sont en service.

Les sources de rayonnements dans l'industrie

Application	Radionucléides	Activité de la source
Radiographie industrielle	Iridium 192	0,1-5 TBq
	Cobalt 60	0,1-5 TBq
Diagraphie	Américium 241/Béryllium	1-800 GBq
	Césium 137	1-100 GBq
Détecteurs d'humidité	Américium 241/Béryllium	0,1-2 GBq
Jauges de convoyeur	Césium 137	0,1-40 GBq
Jauges de masse volumique	Césium 137	1-20 GBq
	Américium 241	1-10 GBq
Jauges de niveau	Césium 137	0,1-20 GBq
	Cobalt 60	0,1-10 GBq
Jauges d'épaisseur	Krypton 85	0,1-50 GBq
	Strontium 90	0,1-4 GBq
Eliminateurs de charges statiques	Américium 241	1-4 GBq
	Polonium 210	1-4 GBq
Parafoudres	Américium 241	50-500 MBq
Stérilisation et conservation des aliments	Cobalt 60	0,1-400 PBq
	Césium 137	0,1-400 PBq
Installations d'étalonnage	Cobalt 60	1-100 TBq
	Césium 137	1-100 TBq

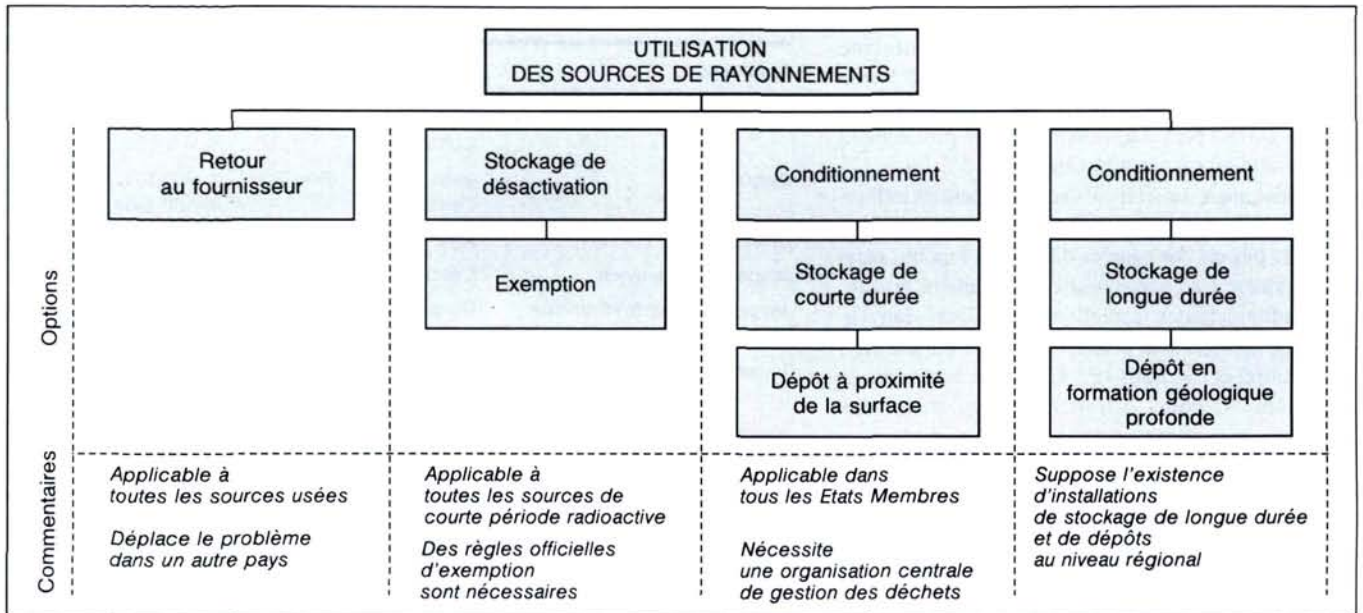
Les sources de rayonnements en médecine

Application	Radionucléides	Activité de la source
Curiothérapie manuelle	Césium 137	50-500 MBq
	Radium 226	50-300 MBq
	Cobalt 60	50-500 MBq
	Strontium 90	50-1500 MBq
Curiothérapie à chargement différé télécommandé	Cobalt 60	10 GBq
	Césium 137	0,03-10 MBq
	Iridium 192	400 GBq
Téléthérapie	Cobalt 60	50-1000 TBq
	Césium 137	500 TBq

Les sources de rayonnements dans la recherche

Application	Radionucléides	Activité de la source
Sources d'étalonnage	très diverses	moins de 0,1 GBq
Installations d'étalonnage	Césium 137	moins de 100 TBq
	Cobalt 60	moins de 100 TBq
	Californium 252	moins de 10 GBq
Irradiateurs	Cobalt 60	moins de 1000 TBq
	Césium 137	moins de 1000 TBq

L'objectif principal de la gestion des déchets radioactifs est de mettre en place un système efficace de gestion et d'évacuation qui garantisse la sûreté des personnes et de l'environnement. Le contrôle, qui requiert une réglementation nationale et un système d'application solides, doit porter sur toutes les sources présentant un risque significatif, du berceau jusqu'à la tombe. A la demande des



Options pour la gestion de sources de rayonnements usées

Etats Membres de l'AIEA, la section de la gestion des déchets achève l'élaboration d'outils de gestion des sources radioactives comprenant une base de données qui peut être exploitée sur des ordinateurs personnels modernes et un manuel. Lorsqu'ils auront été essayés, ces outils seront mis à la disposition de tous les Etats Membres afin de les aider à garder la trace de leurs sources de rayonnements scellées. Ils sont principalement destinés aux organes réglementaires nationaux mais d'autres organismes ayant un grand nombre de sources de rayonnements comme les organismes nationaux responsables de la gestion des déchets pourront également les utiliser.

Afin de pouvoir assurer la gestion des sources de rayonnements usées, il est nécessaire de disposer d'un système complet de collecte, de transport, de traitement, de conditionnement, de stockage et d'évacuation définitive qui réponde aux besoins nationaux. Bien qu'il ne soit pas possible de donner dans le présent article des renseignements techniques détaillés sur la façon de mener à bien ces différentes étapes, on y présente les différentes options envisageables en fin de parcours.

Ces options sont au nombre de quatre (voir figure) : 1) retour de la source de rayonnements usée au fournisseur; 2) stockage en attendant la désactivation, puis exemption du contrôle réglementaire; 3) conditionnement, stockage et évacuation à proximité de la surface; 4) conditionnement, stockage pendant une longue période et évacuation en formation géologique profonde.

Retour au fournisseur. En simplifiant, on peut décrire cette procédure de la manière suivante: *l'utilisateur renvoie la source scellée au fournisseur dès qu'il n'en a plus besoin. Des renseignements sont donnés à l'organe réglementaire. La*

législation nationale peut exiger que le transport et l'exportation fassent l'objet d'une procédure d'approbation et/ou d'autorisation.

Les sources de rayonnements scellées posent un problème particulier en raison de leur petite taille et de leur débit de dose souvent élevé à la surface. On les rencontre en outre souvent dans des pays qui n'ont pas l'infrastructure de gestion des déchets voulue pour en assurer l'évacuation. Le producteur est souvent le mieux placé pour assurer un stockage sûr des sources de rayonnements qu'il produit. Il a parfois en outre la possibilité de reconditionner une source usée en vue de sa réutilisation. (De telles opérations ne peuvent pas en général être effectuées par l'utilisateur.) Dans le cadre de son Programme de services consultatifs pour la gestion des déchets (WAMAP), l'AIEA fournit des avis sur l'option «retour au fournisseur» aux autorités nationales des pays qui ne disposent pas d'une infrastructure complète de gestion des déchets et en particulier aux pays en développement. En conséquence, les législations nationales d'un bon nombre de pays exigent actuellement que les contrats d'achat de sources de rayonnements scellées contiennent une clause autorisant l'acheteur à retourner la source à l'employeur lorsqu'elle n'est plus utilisée.

On ne devrait cependant n'avoir recours à cette option que lorsqu'elle constitue la solution optimale; elle ne constitue pas une solution définitive puisqu'elle ne fait que déplacer le problème d'un pays à l'autre. Les pays possédant d'excellents moyens pour l'évacuation définitive de sources usées n'ont pas besoin d'y avoir recours car, dans leur cas, elle augmenterait plutôt qu'elle ne diminuerait le risque total que présentent les déchets radioactifs.

Exemption de contrôle réglementaire après un stockage de désactivation. En simplifiant, on peut décrire cette procédure de la manière suivante: *l'utilisateur place la source usée dans un dépôt de désactivation adapté où elle est conservée sous une surveillance appropriée jusqu'à ce qu'elle ait atteint les niveaux voulus pour être exemptée de contrôle. Elle est alors enlevée et évacuée comme si elle n'était pas radioactive.*

Les radionucléides ont pour caractéristique intrinsèque de se désactiver et de finir par se transformer en nucléides stables. La solution consistant à stocker des déchets radioactifs jusqu'à ce que le niveau d'exemption fixé soit atteint est donc séduisante. Cependant, même si cette option est très intéressante, des conditions préalables doivent être remplies et ses possibilités d'application sont limitées.

Les périodes radioactives des radionucléides présents dans les déchets doivent être suffisamment brèves pour que le niveau d'exemption puisse être atteint dans un délai raisonnable, de l'ordre de quelques années au plus. Dans la pratique, cela signifie que la période radioactive ne doit pas excéder un mois, ou tout au plus quelques mois. Par exemple, si la période radioactive est d'un mois, l'activité sera réduite par un facteur de 4000 en un an et de 16 millions en deux ans.

Afin de pouvoir recourir à l'option du stockage de désactivation dans la pratique, il est nécessaire que l'organe réglementaire national ait fixé des niveaux d'exemption. Il n'existe pas de niveaux d'exemption dérivés internationaux. En revanche, les principes fondamentaux d'exemption font l'objet d'un accord et l'AIEA est en train d'établir des recommandations appropriées.

Le principal avantage du stockage de désactivation est que tout producteur de déchets peut y avoir recours. Cette option permet donc d'éviter le transport inutile de matières radioactives et, si elle est correctement appliquée, le stockage de quantités importantes de déchets radioactifs puisque les déchets ayant atteint les niveaux d'exemption peuvent être enlevés.

Pour que cette option donne des résultats satisfaisants, il faut qu'un système opérationnel de séparation des déchets soit en place afin d'assurer que les déchets de courte période radioactive soient bien séparés des déchets de longue période. Pour un colis de déchets donné, ce sont les radionucléides ayant la plus longue période radioactive qui déterminent la durée du stockage de désactivation nécessaire. Cette option convient pour presque tous les déchets radioactifs produits par la médecine nucléaire diagnostique, mais elle n'a que des applications limitées pour les sources de rayonnements scellées.

Stockage de courte durée puis évacuation à faible profondeur. En simplifiant, on peut décrire cette procédure de la manière suivante: *Les produc-*

teurs de déchets envoient les déchets (avant ou après le conditionnement) dans un centre national de traitement et de stockage en vue de leur évacuation dans un dépôt à proximité de la surface.

Les déchets de période radioactive inférieure à une trentaine d'années peuvent normalement, après avoir été conditionnés de manière appropriée, être évacués dans le sol à proximité de la surface. Les techniques de construction et d'exploitation de ces dépôts sont au point et il n'y a pas de désaccord majeur entre les experts au sujet de l'acceptabilité de la méthode, sous réserve que des limites et des conditions adéquates soient fixées pour les déchets et le dépôt. Il se peut cependant qu'une certaine opposition existe chez les politiciens, les partisans d'un «risque nul» et ceux qui, pour quelque raison que ce soit, sont contre l'énergie nucléaire.

Presque tous les pays peuvent, en principe, créer un dépôt à proximité de la surface sur leur territoire pour l'évacuation des déchets de courte période qu'ils produisent. Puisqu'en principe les quantités produites sont réduites, il suffit normalement de ne prévoir que quelques dépôts par pays, voire un seul. Le coût d'un dépôt pour de petites quantités de déchets de courte période est acceptable, même pour de petits pays car il existe des solutions simples convenant à de petits producteurs de déchets.

Les déchets radioactifs destinés à être stockés dans de tels dépôts doivent être convenablement conditionnés. Souvent, cela ne peut pas être fait par chaque producteur de déchets, mais par une organisation centrale de gestion des déchets. L'AIEA a établi une description générale d'une installation de traitement et de stockage destinée à un pays ayant un centre de recherche nucléaire équipé d'un réacteur de recherche. Cette étude comprend des descriptions détaillées de l'installation et du matériel nécessaires, des plans et une évaluation générale de la sûreté de l'installation. Elle a été mise récemment à la disposition des Etats Membres de l'AIEA et a déjà servi pour de nouvelles installations centrales de gestion et de stockage des déchets. Une étude similaire portant sur le conditionnement et le stockage provisoire de sources de rayonnements usées a été achevée récemment et sera mise à la disposition des Etats Membres en 1994.

Pour avoir recours à cette option, un pays doit mettre en place une installation centrale de traitement et de stockage dans laquelle les déchets puissent être stockés en attendant d'être évacués dans un dépôt à faible profondeur. Ce pays devra de toute façon se doter d'un tel dépôt pour ses déchets radioactifs de courte période.

Stockage à long terme puis évacuation en formation géologique profonde. En simplifiant, on peut décrire cette procédure de la manière suivante: *Le producteur de déchets envoie les déchets (avant ou après conditionnement) dans un centre national de*

traitement et de stockage. Si cela est nécessaire, les déchets sont ensuite envoyés dans un entrepôt régional en vue d'un stockage de longue durée avant l'évacuation en formation géologique profonde.

Certains déchets provenant d'applications nucléaires ne peuvent être évacués à proximité de la surface en raison de leur période radioactive très longue et de leur activité. Cela est notamment le cas des sources scellées usées contenant du radium 226 et de l'américium 241. Comme l'indique le rapport de l'AIEA intitulé *The Nature and Magnitude of the Problem of Spent Radiation Sources* (IAEA-TEC-DOC-620), ces sources de rayonnements devraient être évacuées en formation géologique profonde.

La création d'un dépôt en formation géologique profonde est extrêmement onéreuse. Une telle dépense ne peut pas être envisagée par les pays qui n'ont que des sources de rayonnements scellées à évacuer. En revanche, les pays ayant un programme électronucléaire doivent prévoir un dépôt en formation géologique profonde. Puisque l'activité des sources de rayonnements scellées est négligeable par rapport à celle du combustible irradié ou des déchets de haute activité, il a été suggéré d'évacuer les sources scellées usées de longue période radioactive, y compris des sources envoyées par des pays étrangers, avec des déchets de haute activité provenant des réacteurs nucléaires de puissance.

Pour que des sources scellées usées envoyées par un pays donné puissent être évacuées avec des déchets de haute activité d'un autre pays, des accords internationaux ou bilatéraux seront nécessaires. Il n'est pas urgent de conclure de tels accords, car des dépôts en formation géologique profonde ne seront créés que bien après l'an 2000, mais il serait sage d'entamer le processus, qui risque d'être long et difficile.

En attendant que des dépôts en formation géologique profonde soient mis en place, on a besoin d'entrepôts provisoires afin de pouvoir stocker de manière sûre des déchets conditionnés pendant de nombreuses décennies. Les volumes en question étant très réduits et les prescriptions auxquelles doivent satisfaire les entrepôts provisoires étant très strictes, il est également souhaitable de trouver des solutions régionales pour le stockage à long terme des sources scellées de longue période radioactive. L'AIEA a lancé un processus visant à promouvoir de telles solutions régionales.

A l'heure actuelle, les législations nationales interdisent souvent l'importation de déchets radioactifs en vue de leur évacuation et, selon certaines déclarations politiques, «chaque pays doit s'occuper lui-même de ses propres déchets et de leur évacuation». Ces interdictions et ces déclarations sont cependant motivées par la crainte d'une importation de grandes quantités de déchets radioactifs

provenant de centrales nucléaires et non de petites quantités de déchets radioactifs provenant, par exemple, d'applications médicales.

Les dernières étapes de la gestion des sources usées de longue période n'ont pas encore été arrêtées. Avant qu'elles le soient, il faudra se prononcer sur la nécessité d'entrepôts régionaux de stockage de longue durée et d'accords internationaux ou bilatéraux relatifs à l'évacuation simultanée de sources scellées et de déchets de haute activité provenant de réacteurs nucléaires.

Enjeux

Il est possible à l'heure actuelle de gérer à l'échelon national tous les déchets radioactifs produits par les applications nucléaires à l'exception de quelques sources de rayonnements scellées de longue période radioactive pour lesquelles des solutions internationales sont nécessaires. Pour cela, un pays doit disposer des ressources et des experts voulus. L'AIEA fournit une assistance à ses Etats Membres, afin de leur donner cette possibilité. Il reste cependant beaucoup à faire pour que la plupart des Etats Membres puissent se doter d'une infrastructure nationale de gestion des déchets appropriée.

La radiographie est couramment utilisée dans l'industrie aéronautique et dans la sidérurgie pour des raisons de sécurité et pour le contrôle de la qualité.

(Photo: Tech/Ops; Dahlström, Bildhuset, Suède)

