

L'ACCIDENT RADIOLOGIQUE DE GOIÂNIA : PERTE ET DISSÉMINATION D'UNE SOURCE RADIOACTIVE

RÉSUMÉ

1. CIRCONSTANCES

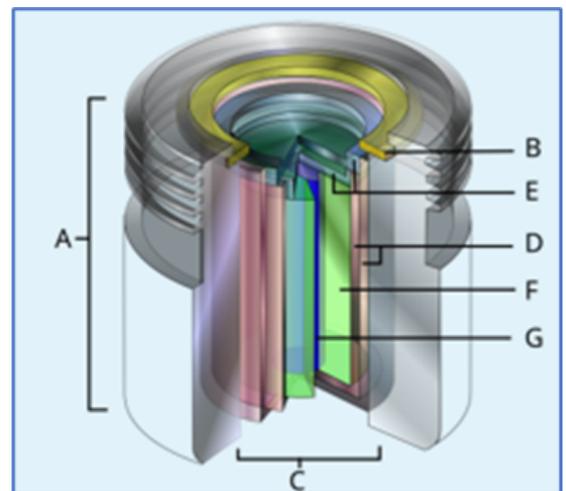
Le 13 septembre 1987, une source blindée au césium 137, fortement radioactive, était extraite d'un appareil de radiothérapie abandonné dans une clinique désaffectée de l'Institut de radiothérapie de Goiânia, capitale de l'Etat de Gois, au Brésil. Le 18 septembre, la source, dont l'écran protecteur avait été brisé, a été vendue à un marchand de ferraille. Le 21 septembre, la capsule précédemment endommagée a été ouverte à son tour et des fragments de la source ont été dispersés dans plusieurs endroits de la ville.

Plusieurs personnes ont été directement irradiées et contaminées extérieurement et intérieurement. Le 28 septembre, l'un d'entre eux a identifié les symptômes caractéristiques d'une surexposition à des rayonnements. Un physicien, prévenu dès le lendemain, a détecté une forte radioactivité et a notifié sans attendre les autorités sanitaires de Goiás, lesquelles se sont mises en rapport avec la Commission nationale de l'énergie nucléaire du Brésil (CNEN).

Les autorités de l'État ont fait évacuer les zones contaminées et ont commencé à rechercher les personnes qui avaient pu subir une forte exposition. La CNEN a immédiatement envoyé une première équipe à Goiânia pour aider à traiter les victimes et circonscrire les zones contaminées. Dans le même temps, elle a mobilisé des renforts et mis en place un centre de coordination de secours. Le Brésil a informé l'AIEA de l'incident qui a dépêché des experts médicaux et livré des dosimètres et de matériel de surveillance radiologique.

L'accident a été classé au **niveau 5** de l'échelle INES.

Capsule typiquement appliquée en radiothérapie ►



A - Porte-source
B - Anneau de retenue
C - Source de Cs 137
D - Cylindres avec couvercles
E - Ecran de protection interne
F - Matière radioactive
G - Enveloppe de la source

2. CONSÉQUENCES DE L'ACCIDENT

Malgré les soins intensifs qui leur ont été prodigués, quatre victimes sont décédées. Vingt-huit autres ont été gravement contaminées. Au cours des deux mois qui ont suivi, plus de 112 000 personnes ont été examinées dans un centre de contrôle radiologique improvisé dans un stade. Il a fallu procéder à la décontamination de beaucoup d'entre elles. Lorsque l'on eut compris toute la gravité de la situation, on s'empressa de délimiter les zones gravement contaminées et d'en interdire l'accès. Les foyers de radioactivité les plus intenses ont été considérablement réduits par des écrans de protection mis en place autour des zones affectées.

Deux semaines plus tard, toutes les zones contaminées avaient été repérées et isolées, et le nettoyage commençait. Vers la fin d'octobre, on a entrepris d'évacuer les déchets des principales opérations de décontamination vers un site choisi par l'État de Goiás, à une vingtaine de kilomètres de Goiânia. À la mi-décembre, les restrictions imposées aux principales zones contaminées de la ville avaient été levées. Plus de 3000 m³ de déchets ont été déposés sur le site prévu. En tout, plus de 700 personnes ont pris part à l'opération, dont des membres du personnel de la CNEN, de l'armée brésilienne et des établissements privés. La radioexposition de ce personnel s'est maintenue en moyenne aux alentours de 20 % des doses limites annuelles de radioexposition professionnelle. Les circonstances de l'accident, les mesures d'intervention et les enseignements qui en ont été tirés font l'objet de plusieurs rapports mentionnés en référence.

1. HISTORIQUE

Goiânia est la capitale de l'État de Goiás, situé sur le plateau central brésilien. Elle est à environ 1.000 km des villes de Rio de Janeiro et de São Paulo où se trouvent les principaux équipements du pays en matière de radioprotection. L'Institut de radiothérapie de Goiânia (IGR), était une clinique privée appartenant à une association de médecins, qui a commencé son activité en juin 1971. Les locaux de la clinique comprenaient des salles de traitement où l'on utilisait des unités de radiothérapie au césium 137 et au cobalt 60, agréées par les autorités compétentes brésiennes, à savoir la Commission nationale d'énergie nucléaire (CNEN).

Vers la fin de l'année 1985, l'IGR a cessé d'utiliser ces locaux et une nouvelle association de médecins a repris l'activité de la clinique en la transférant ailleurs. L'unité de cobalt 60 a été déménagée dans les nouveaux locaux mais, comme à l'occasion de la dissolution de la société, la propriété de l'équipement de l'ancienne clinique faisait l'objet d'un litige, l'unité au césium est restée sur place. La CNEN n'en a pas été informée et, dans les mois qui ont suivi, une grande partie de la clinique et de ses annexes a été démolie avec la perspective d'un réaménagement du site. Les salles de traitement n'ont pas été démolies et sont restées à l'abandon servant, semble-t-il, à des vagabonds.

Deux années se sont écoulées pendant lesquelles l'unité de radiothérapie est demeurée dans cette situation très peu sûre. L'unité de radiothérapie renfermait une source de césium 137 d'activité de 50,9 TBq (1375 Ci). La source était située dans un barillet à l'intérieur d'une enveloppe blindée en plomb et acier, si bien qu'en tournant on pouvait mettre la source sur la position "exposition" ou "sécurité". La substance radioactive se présentait sous forme de chlorure de césium très soluble, rendu compact de manière à former une masse cohérente, conditionné dans une deuxième enveloppe en acier inoxydable standard.

2. ENLÈVEMENT ET RUPTURE DE LA SOURCE

Vers la mi-septembre de 1987, deux hommes, R.A. et W.P., entendent dire que du matériel de valeur a été laissé dans l'IGR. Ils se rendent sur le site abandonné et à l'aide d'outils rudimentaires tentent de démonter l'appareil de radiothérapie dans le but de le vendre à la ferraille, inconscients des dangers courus. Le 13 septembre, ils parviennent enfin à démonter le barillet porte-source et l'emportent sur une brouette chez R.A.

On peut considérer, en un certain sens, que l'enveloppe de la source n'était plus intacte et que les deux hommes ont pu être exposés à des débits de dose de 4,6 Gy/h à 1 m. Le jour suivant, les deux hommes ont des vomissements et W.P., qui a de surcroît une main enflée, consulte un médecin. Celui-ci attribue les symptômes observés à une espèce de réaction allergique à ce que le patient a mangé. Le 18 septembre, les deux hommes s'attaquent de nouveau au barillet dans le jardin de R.A., tapent avec un marteau sur un tournevis pour percer la "fenêtre" en acier de l'enveloppe de la source, de 1 mm d'épaisseur, et ils y parviennent. Lorsqu'on a mesuré, ultérieurement, le débit de dose à proximité de cet endroit et dû à la contamination résiduelle, était de 1,1 Gy/h.

Cependant, comme les deux hommes ont l'impression qu'ils ne pourront pas obtenir ce qu'ils considèrent comme des métaux de valeur, ils vendent le barillet à un premier ferrailleur, D.F. Ce soir-là, en entrant dans son garage où était placé le barillet, l'homme voit une espèce de lueur bleue qui en émane. Fasciné, pensant qu'il s'agit de quelque chose de valeur ou peut être même de surnaturel, il l'emporte chez lui pour le montrer à sa femme M.F.1. Les jours suivants, de nombreux amis et parents viennent voir ce phénomène; certains sont même autorisés à extraire des fragments de la source, de la taille d'un grain de riz, qui peuvent facilement être réduits en poudre.

L'exemple peut-être le plus tragique de cette distribution est celui de la famille d'I.F., frère de D.F., qui emporte chez lui des fragments. Au cours du repas, I.F. dépose les fragments sur la table. Sa fille de 6 ans, L.F.2, les manie tout en mangeant avec les mains. La petite n'a pas survécu ; on estime qu'elle a incorporé 1,0 GBq et exposée à une dose estimée à 6,0 Gy. Après la distribution des fragments de la source, le barillet a été découpé par deux ouvriers de D.F., I.S. et A.S., qui sont également décédés, ayant reçu respectivement des doses estimées à 4,5 et 5,3 Gy.

Les différentes pièces de la source ont ensuite été distribuées à deux autres ferrailleurs. Pendant la période du 13 au 28 septembre, la radioactivité s'est largement dispersée par différents moyens. Au début, elle a été transportée en faible quantité par des personnes et des objets contaminés. Cependant, sa forme hautement soluble liée aux conditions climatiques a facilité cette contamination. On a signalé un certain nombre de cas où les personnes ont mis de cette poudre sur la peau parce qu'elle ressemblait à une substance scintillante utilisée pour le carnaval.

Il ne fait aucun doute que la forme chimique de la source et le phénomène de lueur bleutée ont eu un profond effet sur le déroulement de l'accident. Contrairement à la croyance populaire, une substance radioactive ne produit normalement pas de lueur dans le noir. Ce phénomène n'avait pas encore été observé par les fabricants de sources ; par la suite, cette lueur bleue a, en revanche, été observée par le Laboratoire national d'Oak Ridge, aux USA, en enlevant l'enveloppe d'une source similaire. On s'est demandé si elle n'était pas associée à la fluorescence ou à un effet Cerenkov dû à l'absorption d'humidité.

3. DÉCOUVERTE

À la date du 28 septembre, un nombre non négligeable de personnes sont malades dont 10 en traitement à l'hôpital des maladies tropicales. M.F.1, la femme du ferrailleur, est intuitivement convaincue que la poudre bleue en est responsable. Avec l'un des ouvriers de son mari, G.S., elle se rend au Centre de surveillance sanitaire emportant le restant de la source dans un sac que l'ouvrier porte sur ses épaules. Elle explique au Centre de surveillance sanitaire (mi-cabinet médical, mi-centre d'hygiène) que cet objet est en train de "tuer sa famille

Malade elle-même, elle est hospitalisée et meurt ayant reçu une dose estimée à 4,3 Gy. Le médecin, ignorant ce que peuvent être ces restes de source, les dépose dans la cour pendant qu'il mène son enquête. Dans le même temps, les médecins sont de plus en plus inquiets sur le sort de leurs patients de l'hôpital des maladies tropicales, ne parvenant pas à déterminer la cause de la maladie.

Parmi les causes évoquées, ils pensent à une intoxication alimentaire, à des dermites de contact et à un pemphigus. Toutefois, un médecin commence à soupçonner que les lésions cutanées pourraient être imputables à des radiations. Ses investigations auprès de confrères se recoupent avec celles du Centre de surveillance sanitaire. Le lendemain, 29 septembre, on demande à un spécialiste de physique médicale en visite dans la ville, d'examiner le paquet avec un débitmètre emprunté. Il est effrayé par les résultats : le paquet contient encore 4,5 TBq.

Une visite au "ferrailleur 1 " révèle des zones de contamination importante. De sa propre initiative, le physicien fait évacuer le Centre de surveillance sanitaire et la maison du "ferrailleur 1 " ainsi que ses environs.

4. PREMIÈRES ACTIONS

La situation est signalée aux autorités gouvernementales de Goiânia. Comme on peut aisément l'imaginer, celles-ci ne veulent pas croire à l'ampleur potentielle de l'accident. Il faut beaucoup de persévérance au physicien et ce n'est qu'au bout de plusieurs heures qu'il arrive à voir le secrétaire d'Etat à la santé qu'il informe de la situation. Un coordonnateur des situations d'urgence (NEC) de la Commission nationale d'énergie nucléaire (CNEN) à Rio de Janeiro est avisé. Celui-ci ordonne la mobilisation du personnel spécialisé, puis part pour Goiânia afin de se rendre compte de la situation. À ce stade, alors que la situation est jugée sérieuse, l'ampleur et les origines de l'incident ne sont pas encore connues.

4.1. ACTIONS LOCALES

Les autorités de Goiânia mobilisent la police, les pompiers et la sécurité civile et décident que le stade olympique, situé à proximité, sera le point de rassemblement et de contrôle. Entre-temps, le physicien avec la collaboration de la nouvelle clinique IGR continue de contrôler autour des zones de contamination connues et de rechercher de nouvelles zones, sur la base du récit des événements qui lui est fait par les habitants. La sélection initiale des personnes envoyées au stade olympique est essentiellement faite en fonction du contact probable avec des parties de la source, c'est-à-dire la famille et les voisins des principaux protagonistes.

Bien qu'il n'existe pas de plan d'intervention pour répondre à cette situation d'urgence, la stratégie improvisée par les autorités a permis de maîtriser la situation et de prévenir d'autres expositions sérieuses. Dès l'arrivée du personnel de la CNEN, les autorités locales ont commencé à leur laisser toute responsabilité en matière de contrôle tout en continuant à apporter leur concours.

4.2. ACTIONS DE LA CNEN

Étant donné les distances, l'expert NEC et ses deux assistants techniques ne sont arrivés qu'après minuit. L'expert NEC s'est rendu rapidement compte de l'ampleur de l'accident, bien plus grave qu'on ne l'avait cru à l'origine. Il a donc demandé d'autres secours. Le jour suivant, le 1^{er} octobre, on compte environ vingt experts et quatre principales zones de contamination sont isolées (maison de R.A. et trois chantiers de ferrailles). Au cours des deux journées suivantes, trois foyers supplémentaires et d'autres zones de contamination sont identifiées et isolées. Quelque 200 personnes sont évacuées de 41 maisons. Certaines avaient été évacuées par le physicien sur la base du niveau d'action en situation normale et non selon les niveaux prévus en cas d'urgence. L'équipe de contrôle du stade olympique identifie 249 personnes porteuses d'une contamination détectable, dont 121 avec contamination interne. Le 3 octobre, la phase initiale de prise de contrôle est achevée.

5. CONSÉQUENCES

5.1. CONSÉQUENCES HUMAINES

À leur arrivée à Goiânia, les médecins spécialisés en radioprotection sont confrontés au cas des 11 patients déjà hospitalisés à l'hôpital des maladies tropicales, auxquels s'ajoutent 22 personnes rassemblées au stade olympique chez qui on a décelé une contamination externe et interne. Cependant, après un tri initial et une décontamination externe, on estime que le problème le plus urgent est celui des patients de l'hôpital des maladies tropicales qui souffrent toutes du syndrome d'irradiation aiguë ou de lésions cutanées. Ces patients sont transférés dans une aile évacuée de l'hôpital général de Goiânia ; on procède au contrôle de la contamination avec prélèvement d'échantillons de sang, d'urine et de selles.

Les semaines suivantes, d'autres patients sont admis. Entre le 1^{er} et le 3 octobre, dix patients jugés gravement atteints sont transférés par avion à l'hôpital naval Marçilio Dias à Rio, prévu pour recevoir les victimes d'accident d'irradiation aux termes du plan d'intervention pour la centrale nucléaire d'Angra située au sud de Rio de Janeiro. La communauté médicale de Goiânia, le personnel de laboratoire et celui de l'hôpital naval ont montré quelques réticences à collaborer, craignant pour leur santé. Il a fallu surmonter ce problème en demandant aux spécialistes de rassurer tout le monde et de donner des instructions informelles.

Pour les patients les plus gravement irradiés, le traitement a consisté à évaluer la crise hématologique associée au syndrome d'irradiation aiguë. En dehors des symptômes cliniques, les médecins se sont efforcés d'estimer l'ordre de grandeur des doses par les techniques cytogénétiques d'analyse d'aberrations chromosomiques. Pour l'évaluation de la contamination interne, on a d'abord eu recours aux analyses radio-toxicologiques à partir de la mesure de la radioactivité dans les urines et les fèces. À la mi-novembre, des installations temporaires d'anthropométrie ont permis de mesurer directement la contamination interne des patients et de confirmer les résultats des analyses biologiques.

Quatre victimes sont mortes dans les quatre semaines qui ont suivi leur admission à l'hôpital. Sur les vingt patients hospitalisés, dix-neuf présentaient des brûlures radio-induites. Toutes les brûlures étaient contaminées et les débits de dose pouvaient atteindre 15 mSv/h près de la peau. Le contrôle de la contamination était un problème majeur étant donné la sécrétion continue du césium 137 par la sueur qui faisait des patients une source de contamination mobile et régénérable. Les niveaux de contamination interne dus au césium 137, provoqués par l'accident de Goiânia, sont les plus élevés qui aient jamais été enregistrés : 1 GBq pour une fillette de 6 ans décédée par la suite.

La contamination interne a affecté 121 personnes et l'accélération de la décorporation a été un problème majeur. Pour 62 personnes, leur charge corporelle a requis l'utilisation du bleu de Prusse (hexacyanoferrate de potassium) recommandé dans de telles situations. Son efficacité a été démontrée, mais il a fallu augmenter les doses recommandées jusqu'alors. Au global, près de 130 000 personnes se sont présentées dans les hôpitaux à la suite de cet accident, mais seules 250 personnes présentaient des résidus radioactifs sur leur corps. Finalement seules 20 personnes ont présenté des symptômes dus à une irradiation et ont nécessité un traitement. Le graphique ci-dessous montre les doses reçues par les 46 personnes les plus touchées par les radiations à la suite de l'accident.

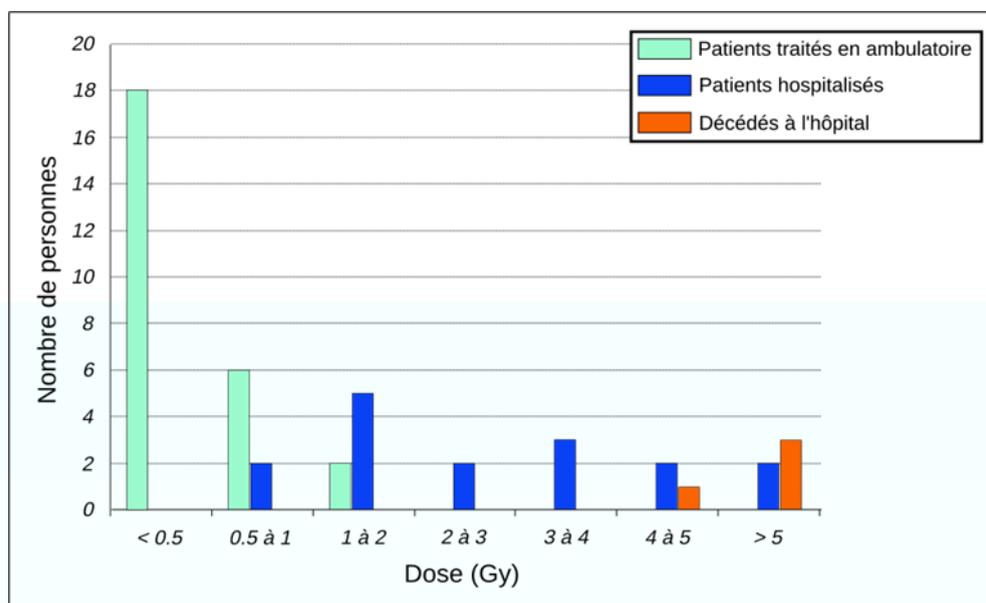


Tableau 1 : Bilan des expositions radiologiques suite à l'accident de Goiânia

5.2. CONSÉQUENCES PHYSIQUES

À la date du 3 octobre, les sept principaux foyers de contamination étaient entièrement identifiés et maîtrisés. Pour être sûr qu'aucune autre zone majeure de contamination n'avait été oubliée, on a effectué, peu après, un relevé aérien à l'aide d'un hélicoptère spécialement équipé. Cette technique a montré ses limites, surtout à proximité des principaux foyers ; on a donc eu recours à un équipement de surveillance installé sur une voiture.

Parallèlement à ces techniques, il fut demandé aux habitants des lieux contaminés d'indiquer leurs déplacements durant cette même période ainsi que ceux de leurs visiteurs. Sur la base de ces éléments, une carte des voies potentielles de transport de la contamination a pu être tracée ; 42 autres sites moins touchés ont ainsi été découverts. Très tôt, une décision stratégique avait été rapidement prise : aucune décontamination majeure ne serait entreprise tant que des relevés complets ne seraient pas effectués et qu'un plan cohérent de travail ne serait pas dressé.

Ces relevés ont été effectués à pied à l'aide de détecteurs portatifs. En raison des fortes pluies tombées sur la ville pendant l'accident, on avait d'abord suspecté que la radioactivité serait entraînée dans le sol et retenue. Les relevés ont montré qu'il n'en était rien. Il semble que les températures élevées (atteignant 40 °C) aient rapidement asséché le sol et que des vents forts aient provoqué une remise en suspension. L'ampleur des effets a véritablement surpris ; par exemple, le débit de dose à l'intérieur des habitations était dû essentiellement à la contamination déposée sur le toit des constructions à un étage. Parallèlement à ces relevés, un programme extensif de contrôle de l'environnement par prélèvement d'échantillons de sol, de végétaux, d'eau et d'air fut mené.

Des contre-mesures n'ont été nécessaires que pour le sol et les fruits, dans la limite d'un rayon de 50 m autour des principaux foyers. Pendant la phase de réhabilitation, il n'a pas été facile de réunir à 1 000 km des principaux centres d'examen radiologiques la totalité du personnel et de l'équipement nécessaires. Il a été estimé au début que le programme de décontamination concernerait 4 à 5 000 m³ de déchets radioactifs (il y en a eu, en fait, 3 500 m³).

Décider du type d'emballage, du site de stockage des déchets, de sa conception et de sa réalisation a demandé plus de temps que prévu. Il fallut une décision politique pour choisir un site de stockage temporaire des déchets pour une période maximale de 2 ans. Ce n'est qu'à la mi-novembre qu'il a été possible de commencer les grands travaux de décontamination. Cela a abouti, entre autres, à la démolition de sept maisons, à l'enlèvement de la couche de terre superficielle et, pour certaines, le recouvrement du sol par du béton, à la décontamination de voitures, de maisons et de leur contenu.

Cette phase s'est achevée avec succès le 21 décembre, permettant ainsi aux résidents de retourner dans leur maison pour Noël. Entre le Nouvel An et fin mars 1988, d'autres travaux se sont avérés nécessaires pour enlever une contamination résiduelle mineure préalablement masquée par la présence d'un niveau élevé de contamination. L'opération a exigé, aux moments les plus critiques, quelque 250 professionnels et techniciens et quelque 300 personnes pour le support, le transport, la démolition, etc., à Goiânia même, ainsi que dans différents laboratoires à Rio de Janeiro.

5.3. INFORMATION DU PUBLIC ET PERCEPTION SOCIALE

Le soir de la découverte de l'accident, des rumeurs se sont répandues sur ce qui s'était passé. Elles ont été ensuite exacerbées le matin suivant lorsque la population a découvert, à son réveil, des zones isolées sans qu'aucune explication cohérente ne leur soit donnée. De nombreuses personnes ont tenté de se rendre au stade olympique pour être rassurées, provoquant le surmenage des ressources humaines alors disponibles. L'intérêt du public et des médias s'est accru en augmentant l'épuisement des techniciens qui tentaient de maîtriser l'accident.

Rétrospectivement, il est clair qu'il aurait fallu, dès le début, un attaché de presse, avec les appuis appropriés, pour informer le public. On a déjà observé une réaction exagérée du public face aux accidents nucléaires en particulier après Three Mile Island et Tchernobyl, réaction qualifiée de "phobie radiologique". Elle a été observée après l'accident de Goiânia. Des personnes, par exemple, qui avaient été contaminées ou avaient été liées de quelque façon avec l'accident ont été traitées de "lépreux", même par leur propre famille. Le certificat de non-contamination" délivré par le centre de contrôle installé au stade olympique était devenu presque indispensable pour se faire accepter par la communauté.

Au total 130 000 personnes ont été contrôlées. La "phobie radiologique" ne s'est pas limitée au public, elle a également gagné certains bureaux locaux et la profession médicale. L'exemple le plus frappant a été le lancement de pierres sur les cercueils lors de l'enterrement des quatre victimes. Cette "phobie radiologique" a dépassé les confins de Goiânia. Les ventes des principaux produits de l'État : bétail, céréales et autres produits agricoles, vêtements, produits à base de coton, ont baissé d'un quart durant la période qui a suivi l'accident. Pour dissiper les

crainces, on a incité les équipes chargées de la décontamination à expliquer à la population ce qu'elles faisaient et pourquoi. On leur a demandé notamment d'accepter l'eau et les aliments provenant des habitations.

C'est ainsi qu'elles ont gagné la confiance de la population et accru la crédibilité des déclarations officielles. Cela a, cependant, également accru les besoins en ressources humaines. On a souvent montré à la télévision les équipes de décontamination ; et des causeries sur la radioprotection ont permis aux journalistes de mieux comprendre la situation. Une brochure intitulée "Ce que vous devez savoir sur la radioactivité et les rayonnements" a été distribuée à 250 000 exemplaires. Un service téléphonique fonctionnant 24 heures sur 24 a été mis en place pour répondre aux questions.

6. ENSEIGNEMENTS TIRÉS

6.1. PRÉVENTION ET ATTÉNUATION DES CONSÉQUENCES

- 1) L'accident, comme c'est souvent le cas, est la conséquence d'une abdication de responsabilité quant à la sécurité de la source. La vaste diffusion des événements qui se sont déroulés à Goiânia peut largement contribuer à encourager une attitude responsable dans la gestion des sources de rayonnement.
- 2) Il est évident que la forme aisément dispersable de la substance radioactive a aggravé l'accident. D'où l'idée qu'il faut utiliser, pour les sources scellées, chaque fois que c'est possible, des substances radioactives sous une forme chimique et physique qui ne soit pas facilement dispersable.
- 3) Les techniciens qui ont initialement démantelé l'unité de radiothérapie présentaient tous les symptômes d'une irradiation aiguë dès le début de l'accident. Si un diagnostic correct avait pu être posé pour eux ainsi que pour les personnes impliquées ultérieurement, l'ampleur de l'accident aurait pu être bien moindre. La difficulté de diagnostiquer les effets rarement rencontrés de l'exposition aux rayonnements est caractéristique de ce genre d'accidents. Il n'y a pas si longtemps, la formation médicale prévoyait le diagnostic de piqûres d'insectes et d'araignées, de morsures de serpents, d'infections virales et d'exposition à des produits chimiques toxiques mais pas ceux aux effets des rayonnements ionisants. L'AIEA est consciente de ce problème [Réf 3, 4]. La diffusion de ses publications dans le milieu médical et le récit des événements de l'accident de Goiânia ont été d'une grande utilité.

6.2. RÉACTION INITIALE

- 5) Comme dans toute catastrophe majeure, par exemple inondation, explosion..., les plans d'intervention des autorités locales doivent fournir un support précieux aux spécialistes en charge de ces urgences.
- 6) Dans ce genre d'accidents, la tendance générale, inspirée de considérations politiques et sociales, consiste à imposer des critères très restrictifs pour la mise en œuvre des contre-mesures. Ces actions sont économiquement assez lourdes et peuvent introduire des risques classiques, d'où l'importance de prévoir à l'avance des normes claires à utiliser en cas d'accident, basées sur l'étude approfondie de tous les problèmes impliqués.
- 7) Pour éviter le surmenage des hommes chargés de remédier aux conséquences de l'accident, tout en limitant l'inquiétude du public, les plans d'intervention doivent prévoir des dispositions adéquates pour répondre à l'exigence d'information du public et des médias.

6.2. ASPECT MÉDICAL

- 8) L'accident a démontré l'importance de pouvoir s'appuyer sur :
 - des médecins ayant reçu une formation spécifique pour traiter les irradiés ;
 - des accords internationaux permettant d'obtenir le secours de spécialistes.
- 9) C'est la première fois que l'on utilise aussi largement le bleu de Prusse pour accélérer la décorporation du césium. Les résultats obtenus au niveau métabolique ont été excellents, prouvant ainsi l'efficacité du traitement, même s'il a fallu augmenter les doses prescrites jusqu'alors.
- 10) En cas d'accident radiologique, un équipement facilement transportable d'anthropométrie et d'analyses biologiques peut s'avérer nécessaire, en plus des installations permanentes.
- 11) Un seul hôpital centralisé, prévu pour traiter les victimes d'irradiations graves, peut ne pas être suffisant dans le cas d'un accident de l'ampleur de celui de Goiânia. Il peut s'avérer nécessaire, pour les cas moins graves, de prévoir des dispositions permettant de les traiter localement.

6.4. OPÉRATIONS DE RÉHABILITATION

- 12) Dans un accident de cette ampleur, on doit pouvoir disposer d'une équipe de professionnels qualifiés provenant de différents organismes, afin de définir clairement une structure de commandement et d'établir un support logistique intégrant toutes ces ressources. Des plans d'intervention devraient prévoir ces différents éléments.
- 13) L'accident de Goiânia, comme celui de Juárez¹ a produit d'importants volumes de déchets radioactifs. La gestion des déchets est au cœur du programme de réhabilitation et n'est pas sans répercussions sur ce calendrier. Il convient donc de prévoir des plans d'intervention appropriés pour traiter les gros volumes de déchets.

7. SUITES JUDICIAIRES

Trois médecins ayant possédé et dirigé l'IGR furent condamnés pour négligence grave. Cependant, l'accident s'est produit avant la promulgation de la Constitution fédérale de 1988 et les substances ont été acquises par la clinique (et non par les médecins eux-mêmes), la Cour ne put donc pas reconnaître les médecins comme responsables. Toutefois, le médecin propriétaire de la clinique et le physicien de la clinique furent condamnés à payer 100 000 réaux pour avoir laissé la clinique tomber en ruine. Les deux ferrailleurs n'ont pas été accusés dans le procès civil

L'accident a montré qu'il était important d'inventorier et de surveiller les fortes sources de radiations. En 2000, le Centre National de l'Énergie Nucléaire (CNEN) a été condamné à payer 1,3 million de réaux de compensation (205 000 Euros) par la 8^{ème} cour fédérale de l'État de Goiás et à garantir le suivi médical et psychologique des victimes directes et indirectes, et à leurs descendants jusqu'à la troisième génération.

8. CONCLUSION

Selon l'AIEA, les autorités brésiliennes ont bien su maîtriser l'accident de Goiânia, même si, comme elles l'ont déclaré dans le rapport de l'AIEA, certains aspects auraient pu être mieux traités. On peut se féliciter de leur franchise et leur volonté de collaborer avec l'AIEA pour rédiger un rapport des événements *a posteriori*, comme l'avait fait l'URSS après Tchernobyl. Il est souhaitable qu'à l'avenir d'autres pays les imitent pour que nous puissions tous tirer des leçons de nos erreurs. Un effort considérable a été fait pour l'amélioration des programmes d'intervention en cas d'accident nucléaire. Cet effort a été intensifié tant au niveau national qu'international après l'accident de Tchernobyl.

En revanche, d'autres types d'accidents radiologiques n'ont pas bénéficié de la même attention. L'accident de Goiânia a, cependant, démontré l'ampleur potentielle des conséquences en échelle dans ce genre d'accident. Le rapport de l'AIEA [Réf. 3] souligne que les plans d'intervention devraient être étendus de façon à couvrir toute la gamme des accidents radiologiques possibles. Le rapport indique « *Cela peut et doit être fait, mais il faut également veiller à ne pas déformer les faits. Nous devrions peut-être nous demander comment un tel accident, l'un des accidents radiologiques les plus graves, peut se comparer en termes de fréquence, de conséquences et de coût de prévention, à des accidents survenus dans d'autres domaines. Pour que la société puisse formuler des jugements bien fondés sur les priorités, il faut une grande compréhension des facteurs pertinents. Par le passé, le monde de la radioprotection ne s'est peut-être pas suffisamment tourné vers l'extérieur, ce qui n'a fait que permettre le développement d'une mystique sur ce sujet et masquer les véritables questions* ».

9. RÉFÉRENCES

- [1] Leçons tirées de l'accident de Goiânia (Brésil). J. R. CROFT – Revue Radioprotection Volume 26 N° 1 – Pages 35 à 47. <https://www.radioprotection.org>
- [2] Accident nucléaire de Goiânia – Wikipédia. <https://fr.wikipedia.org>
- [3] Les sources radioactives : la leçon de Goiânia – AIEA.
- [4] Retour à Goiânia : le dépôt des déchets radioactifs – AIEA. <https://www.iaea.org>
- [5] Les cahiers historiques de l'ASN – N° 1 : Accidents nucléaires et évolution de la sûreté et de la radioprotection. Novembre 2023. <https://www.asn.fr>

¹ Accident particulièrement significatif survenu le 6 décembre 1983 à Ciudad-Juarez au Mexique. Le conteneur d'une source de Co 60 utilisée dans un appareil de gammathérapie est vendu à un ferrailleur. Ce conteneur contient la source sous forme de 6000 grains de cobalt. Par suite d'une rupture du conteneur lors de son transport, un certain nombre de grains vont se répandre dans le camion et sur la chaussée. Le ferrailleur va revendre le conteneur métallique qui contient encore un certain nombre de grains, à une fonderie produisant diverses pièces qui sont alors contaminées. Ces pièces sont commercialisées au Mexique et aux USA. Leur contamination est fortuitement découverte aux Etats-Unis en février 1984. Toutes les pièces contaminées ont pu être récupérée et renvoyées au Mexique. Cinq employés du ferrailleur subirent des doses importantes (entre 3 et 7 Gray étalés sur deux mois) sans apparemment de conséquences graves. Dans la ville, 4.000 personnes environ subirent des doses non négligeables qu'il ne fut pas possible d'évaluer.