

# Risque radiologique : prise en charge médicale des victimes d'accidents radiologiques

P. Laroche, H. de Carbonnières, X. Castagnet

*L'incidence d'accidents d'exposition récents aux rayonnements ionisants et l'éventualité d'un événement terroriste à caractère radiologique ou nucléaire ont provoqué une importante réflexion dans le milieu médical. Il est indispensable d'imaginer la meilleure prise en charge possible des victimes radiocontaminées et la mise en place de moyens de protection contre les rayonnements pour les premières équipes médicales d'intervention. Deux tableaux doivent être distingués : la contamination qui peut être interne ou externe et l'irradiation qui peut être globale ou localisée. Dans tous les cas la prise en charge de l'urgence médicochirurgicale est prioritaire et les victimes, lors du triage initial, sont catégorisées selon la nature et la gravité de leurs blessures en urgences absolues ou relatives. En cas de contamination, et sans interférer avec le traitement médical immédiat, les victimes doivent être déshabillées rapidement : 90 % à 95 % de la contamination peuvent ainsi être éliminés. Le traitement de la contamination est d'autant plus efficace qu'il est administré précocement. La prise en charge de l'irradiation nécessite une approche multidisciplinaire dans laquelle les services d'hématologie, des brûlés et de chirurgie plastique seront particulièrement sollicités.*

© 2007 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

**Mots clés :** Accident radiologique ; Contamination ; Irradiation globale aiguë ; Radionucléide

## Plan

■ Introduction	1
■ Prise en charge des victimes blessées	1
Prise en charge de la contamination	1
Prise en charge de l'irradiation	8
■ Prise en charge des victimes non blessées	10
Victimes présentes sur le lieu de l'accident	10
Autres victimes concernées par l'accident (impliquées)	11
■ Conclusion	11

## ■ Introduction

Un accident causé par les rayonnements ionisants est un événement fortuit qui entraîne ou risque d'entraîner des dommages pour la santé de l'homme. Depuis une cinquantaine d'années, près de 600 accidents radiologiques connus dans le monde ont entraîné le décès d'environ 180 personnes. Plus de 80 % d'entre eux sont des accidents d'irradiation au cours desquels les victimes ont été exposées à une source, radioactive ou électrique, située à distance de l'organisme. La contamination, accident au cours duquel la victime est exposée à une source radioactive, incorporée par ingestion, inhalation, blessure ou par voie cutanée, est donc un scénario relativement rare. L'objectif de cet article est de présenter de manière pragmatique la prise en charge médicale des victimes d'un accident radiologique, suspectes de contamination ou d'irradiation.

Si l'accident à caractère radiologique est peu fréquent, il mérite cependant que l'on s'y prépare soigneusement, car il peut engendrer des conséquences importantes. La prise en

charge et le traitement des blessés irradiés ou contaminés doivent obéir à des principes simples, qui doivent être connus et donc enseignés [1]. La circulaire 800/SGDN [2] décrit la prise en charge des blessés radiocontaminés dans le cadre d'un acte de terrorisme. Les principes qui y sont exposés peuvent cependant s'appliquer à des événements accidentels sans rapport avec la malveillance. De manière pragmatique, on peut considérer que l'organisation de l'intervention médicale doit prendre en compte deux catégories de personnes :

- les victimes blessées : personnes blessées sur le site de l'accident et pouvant être contaminées et/ou irradiées ;
- les victimes non blessées :
  - les victimes valides présentes sur le lieu de l'accident et donc suspectes de contamination ;
  - les victimes non présentes sur les lieux lors de l'accident, mais qui se sentent impliquées d'une façon ou d'une autre (la population de proximité, les équipes d'intervention, les équipes soignantes, les journalistes...).

## ■ Prise en charge des victimes blessées

### Prise en charge de la contamination

#### Organisation initiale de la prise en charge médicale

En cas de suspicion d'accident radiologique, le personnel intervenant est équipé de tenues de protection et de dosimètres opérationnels. Dans l'ignorance des produits utilisés, la reconnaissance s'effectue avec une tenue de protection qui peut être

légère mais qui doit surtout être aussi étanche que possible. Le port d'un appareil respiratoire isolant doit compléter cette tenue. Le dosimètre opérationnel avec seuil d'alarme permet d'alerter les intervenants de l'existence d'une source d'irradiation. En cas de source scellée irradiante, ces tenues ne sont pas adaptées et la protection des intervenants se fait en utilisant les principes suivants :

- temps : limitation du temps d'exposition, par exemple en coupant l'alimentation électrique d'un générateur ou en réintégrant une source radioactive dans son conteneur ou en quittant le champ d'irradiation ;
- distance : l'éloignement de la source. Par approximation, on considère que le débit de dose diminue en fonction de l'inverse du carré de la distance (si la distance est multipliée par 2 le débit de dose est divisé par 4, si la distance est multipliée par 3, le débit est divisé par 9...);
- écrans : l'interposition d'écrans efficaces vis-à-vis du rayonnement considéré : matériaux denses pour les photons X et  $\gamma$ , matériaux légers ou « neutrophages » vis-à-vis des neutrons, plexiglas pour les  $\beta$  et les électrons.

Une investigation est effectuée sur les lieux du sinistre, elle permet de vérifier la présence d'une radioactivité anormale.

Lorsqu'une radioactivité anormale est détectée, un zonage réflexe est mis en place. L'ensemble des opérations de zonage réflexe et de prise en charge médicale des victimes en cas d'accident ou d'attentat radiologique est synthétisé et détaillé dans la Figure 1.

La zone d'exclusion est la zone contaminée ou contaminable et comprend :

- la zone chaude (ZC) ;
- la zone de danger immédiat (ZDI) ;
- la zone de danger sous le vent (ZDV).

La zone contrôlée est située entre la zone d'exclusion et la zone de soutien. Le point de rassemblement des victimes (PRV) y est installé ainsi qu'une chaîne de décontamination.

La zone de soutien est opposée au vent et les services de secours et le poste médical avancé (PMA) y sont implantés.

Le médecin, directeur des secours médicaux, doit pouvoir distinguer la « zone très contaminée » encore appelée « point zéro », où les gestes se limitent à assurer la survie et où l'évacuation doit être très rapide, et une zone de mise à l'abri où le risque de contamination, voire d'irradiation, est faible et où sont réalisés des gestes plus techniques et une mise en condition d'évacuation plus élaborée. Les équipes de secours désignées par le directeur des secours médicaux évoluent dans ces zones. La notion de zone de « mise à l'abri » est importante. Cette zone (généralement non matérialisée), où les risques sont faibles, doit être contiguë à celle de l'accident et implantée au vent de celle-ci. Elle se situe à distance du point zéro, si possible dans un bâtiment ou derrière une cloison, pour s'abriter de la contamination, voire de l'irradiation. À partir de cette zone, les évacuations se font sur un poste d'accueil des blessés radiocontaminés ou toute autre structure de fonction équivalente (antenne mobile de service d'aide médicale d'urgence [SAMU], service médical de centrale EDF, etc.).

### “ Point important

Quel que soit le degré de radiocontamination, l'urgence médicochirurgicale classique prime, c'est-à-dire que les gestes vitaux, les techniques d'urgence adaptées doivent toujours être mis en œuvre d'emblée.

Cependant l'exposition des équipes d'intervention au risque radiologique doit être évitée en ayant à l'esprit que les moyens de protection nécessaires sont peu encombrants, rapidement mis en place et peu contraignants pour la réalisation de gestes techniques.

Toute intervention en milieu radiocontaminé ayant pour but de relever des victimes doit toujours obéir aux trois principes suivants :

- l'urgence médicochirurgicale prime la contamination radiologique ;
- les victimes, comme les équipes de secours, doivent être protégées du risque de contamination externe et interne ;
- le traitement de la contamination interne est d'autant plus efficace qu'il est instauré précocement.

La prise en charge des blessés radiocontaminés comporte schématiquement trois phases :

- les équipes d'intervention procèdent au ramassage et à la mise en conditions médicales des blessés radiocontaminés pour les préparer à une évacuation ;
- les victimes sont accueillies dans une formation médicalisée de proximité ;
- les victimes sont accueillies dans une structure hospitalière.

### Ramassage et mise en conditions des blessés

Le ramassage des victimes radiocontaminées se déroule en quatre temps :

- analyse du risque et organisation des secours ;
- pénétration en zone contaminée et premiers soins ;
- mise à l'abri des victimes et réalisation de gestes techniques simples ;
- sortie de la zone contaminée.

### “ Point important

Si le risque est connu, une protection des intervenants est adaptée à celui-ci. En cas de méconnaissance du risque, la protection doit être « enveloppe », c'est-à-dire couvrant l'ensemble des risques possibles, mais il faut veiller à l'alléger le plus rapidement possible pour optimiser l'autonomie et les conditions d'intervention.

Dans le cas d'un risque associé de contamination et d'irradiation le temps d'intervention doit être limité. Dans le cas du sauvetage d'une vie humaine, il semble difficile de fixer une limite de dose. Le temps d'exposition doit être le plus court possible. Le port d'un dosimètre à lecture directe muni d'un seuil et d'un système d'alerte est indispensable. Le niveau de référence d'exposition est fixé à 300 mSv pour l'équipe d'intervention par le décret 2003-295 [3] qui précise les règles d'intervention en situation d'urgence radiologique, mais il ne s'agit pas d'une limite réglementaire.

### “ Point important

Le mSv (milliSievert) est une unité dosimétrique utilisée en radioprotection pour évaluer le risque biologique résultant de faibles doses de rayonnements ionisants. La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) recommande de limiter à 1 Sv (1000 mSv) l'exposition de chaque individu pendant la totalité de sa vie. Pour les fortes doses, en cas d'accident, l'unité dosimétrique est le Gray (Gy).

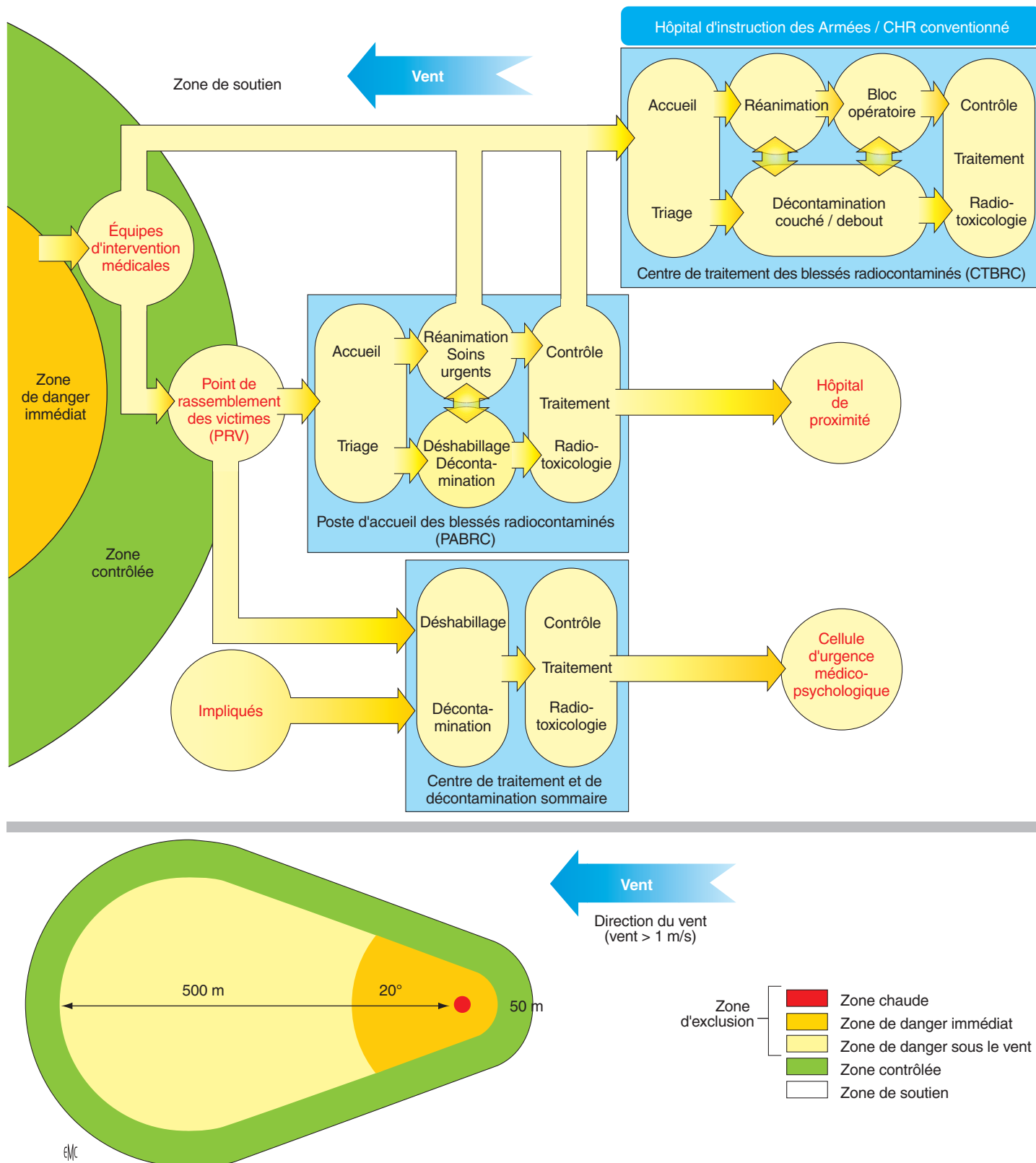


Figure 1. Synthèse du zonage réflexe et des opérations de prise en charge médicale des victimes en cas d'accident radiologique.

### Accueil dans une formation médicalisée de proximité

Certaines installations, civiles ou militaires, disposent de structures de soins adaptées à la prise en charge préhospitalière de blessés radiocontaminés. Un accident peut cependant provoquer un grand nombre de victimes et dépasser les capacités locales de prise en charge, voire survenir en dehors d'un site équipé. Un médecin peut être amené à participer à une opération de secours dans le cadre d'un plan préfectoral. La forma-

tion médicale de proximité est alors constituée par une antenne mobile de SAMU ou un PMA. Les gestes et traitements réalisables varient selon le cas.

### Accueil dans un poste d'accueil pour blessés radiocontaminés (PABRC)

Le PABRC est un concept du Service de santé des Armées mais il existe des structures très semblables dans certains établissements civils (AREVA, EDF, CEA...). Il s'agit d'un service

médical disposant d'installations de décontamination et de moyens de traitement spécifiques. Il remplit les fonctions de chaîne de décontamination et de PMA.

**Urgences absolues.** Ces victimes sont prises en charge médicalement le plus rapidement possible. Les opérations de décontamination peuvent constituer une perte de temps et ne sont pas, dans ce cas, indispensables. Seuls les gestes techniques de réanimation avant transport sont exécutés.

Dans le cas où l'état médical du patient le permet et en s'assurant de la protection des voies respiratoires, la technique de la double enveloppe permet la réalisation d'une évacuation sans dispersion de la contamination.

## “ Point important

En pratique, la technique de la double enveloppe a surtout un intérêt pédagogique. Sa mise en œuvre ne doit pas se faire au détriment de la rapidité des soins. La simple vinyllisation des brancards est suffisante. L'urgence médicochirurgicale prime toujours sur le risque radiologique.

Technique : après brumisation d'eau pour fixer les poussières, la housse dans laquelle est placée la victime est ouverte et ses bords sont roulés sur eux-mêmes de l'extérieur vers l'intérieur.

Les vêtements de la victime sont incisés :

- au niveau des manches, en partant des mains en direction du col ;
- au niveau de la fermeture antérieure de la veste ou de la combinaison ;
- au niveau des jambes du pantalon, en partant des pieds en direction de la ceinture.

Au fur et à mesure de la découpe, les vêtements sont roulés sur eux-mêmes de l'intérieur vers l'extérieur. La contamination déposée à la surface des vêtements est ainsi confinée. La contamination du cuir chevelu doit être confinée par la mise en place d'un calot de chirurgien. Le matelas coquille est mis en pression après découpe des vêtements, la victime est alors soulevée, tandis qu'un opérateur retire la housse contenant les vêtements contaminés. Le blessé est repositionné dans le matelas coquille qui est alors remis en dépression. Les gestes de réanimation et de monitoring terminés, la victime est recouverte d'une couverture isotherme.

Cette opération permet une décontamination externe de l'ordre de 90 %. Si l'état clinique de la victime le permet, après prise en charge médicale et stabilisation hémodynamique, une détection et une décontamination peuvent être réalisées sur place. À l'issue de ces opérations, dans la plupart des cas, le blessé peut être traité comme un blessé « classique », dans une structure hospitalière sans aménagement particulier du service d'accueil. La protection des équipes médicales est assurée par des tenues légères (type Tyvec®), un masque de protection des voies respiratoires et une paire de gants.

**Urgences relatives.** Les blessés couchés sont, dans un premier temps, traités comme décrit au paragraphe précédent mais transférés sur un chariot et non reconditionnés en matelas coquille. Les blessés debout sont déshabillés pour limiter la dispersion de la contamination. Toutes les victimes bénéficient d'une décontamination avant leur évacuation.

Technique :

- 1<sup>re</sup> étape, le déshabillage : il doit être soigneux et précédé d'une fine pulvérisation d'eau sur les vêtements afin de fixer la contamination. Il est réalisé soit par découpe des vêtements (victime allongée), soit par « pelure » (blessé debout) ;
- 2<sup>e</sup> étape, la détection : une détection, même grossière, doit permettre de localiser la contamination résiduelle. Cette détection est réalisée à l'aide d'un détecteur muni, dans la

majeure partie des cas d'une sonde X. En effet, si l'on excepte la contamination par un radionucléide  $\beta$  pur, les autres radionucléides peuvent, en général, être détectés avec une sonde X, celle-ci donnant les meilleures chances de mise en évidence de la contamination ;

- 3<sup>e</sup> étape, la décontamination : cette opération est réalisée à l'eau additionnée, si possible, d'un savon acide. Il apparaît que le meilleur traitement d'une contamination résiduelle soit un lavage avec une solution de diéthylène triamine penta-acétate (DTPA) à 25 % et ce quel que soit le radionucléide ; la technique est non agressive pour l'épiderme. Cette décontamination est, en général, complétée par une douche qui peut être réalisée couché ou debout. Cette douche non agressive est réalisée avec de l'eau tiède afin de ne pas induire de vasodilatation trop importante ;
- 4<sup>e</sup> étape, la détection de contrôle : après séchage soigneux, les zones décontaminées sont contrôlées de manière fine en utilisant une sonde de détection adaptée au type de rayonnement émis par le contaminant. Il faut noter qu'une détection du rayonnement  $\alpha$  est très difficile et très longue. Le faible parcours dans l'air de ce rayonnement impose un séchage parfait. Les radionucléides émetteurs  $\alpha$  émettent également des X ou des  $\gamma$  dont la détection est plus aisée et plus sûre.

### Accueil dans une structure médicalisée non spécialisée

Les services de secours aux victimes peuvent intervenir au profit de blessés radiocontaminés en dehors d'un site nucléaire. Dans le cas où il y a un grand nombre de victimes, un point de regroupement des victimes (PRV) et un PMA déployé dans le cadre d'un plan ORSEC, d'un plan rouge ou d'un plan blanc doivent être dévolus à l'accueil des blessés contaminés. Les opérations sont identiques à celles décrites au paragraphe précédent excepté la décontamination. Le contrôle de la contamination peut être réalisé par des personnels d'une cellule mobile d'intervention radiologique (CMIR) des sapeurs-pompier.

Dans le cas de victimes radiocontaminées isolées ou en faible nombre, seules des équipes de type SAMU ou service médical d'urgence et réanimation (SMUR) interviennent avec des moyens mobiles limités (ambulances, véhicules de secours aux asphyxiés et blessés des pompiers [VSAB]). Le degré d'urgence médicochirurgicale donne la priorité des opérations. La technique de confinement de la contamination permet une prise en charge de ces victimes dans de bonnes conditions de sécurité radiologique. L'impossibilité de réaliser une décontamination impose une évacuation des blessés sur une structure hospitalière spécialisée (centre de traitement des blessés radiocontaminés des hôpitaux des Armées [CTBRC], hôpital ayant un circuit d'accueil individualisé).

### Accueil dans une structure hospitalière

La circulaire relative à l'organisation du système hospitalier en cas d'afflux de victimes met en place un schéma départemental des plans d'accueil hospitaliers appelés plans blancs ainsi qu'une organisation zonale pour les risques nucléaires, radiologiques, biologiques, chimiques (NRBC). Elle attribue à des établissements de santé dits de référence, un rôle de coordination technique. Il existe sept zones de défense et neuf établissements de santé référents répartis sur le territoire national. L'accueil et l'organisation des soins médicaux en cas d'accidents radiologiques ou en cas d'afflux de victimes sont détaillés dans deux circulaires récentes [4,5] et un guide dénommé « intervention médicale en cas d'événement nucléaire ou radiologique », consultable sur Internet, rassemble toutes les informations utiles pour les intervenants médicaux [6].

Par ailleurs six hôpitaux d'instruction des Armées disposent d'un CTBRC opérationnel (Bordeaux, Clamart, Lyon, Metz, Toulon et Brest). Dans ces CTBRC, trois zones sont individualisées et adaptées au risque de contamination éventuel : zone d'accueil et de déshabillage, une zone de décontamination et une zone de traitement (réanimation avec ou sans chirurgie). Elles se font suite, tout retour en arrière devant être impossible



(respect d'une marche en avant). Elles sont toutes munies d'un dispositif de récupération des déchets contaminés.

**Zone d'accueil, triage et déshabillage.** Cette zone est la première dans laquelle les victimes sont admises. Elle doit permettre un examen médical rapide, une réanimation limitée et un déshabillage des blessés. Cette zone est susceptible d'être la plus contaminée.

**Personnel.** L'équipe médicale évoluant en zone d'accueil comprend un ou plusieurs médecins, des personnels paramédicaux et des brancardiers (attention, la ressource en personnels qualifiés ou entraînés n'est pas toujours facile à trouver). Le médecin doit veiller à ce que les victimes soient admises en bon ordre sans jamais saturer cet espace. Une victime bien conditionnée peut, si l'urgence médicale le permet, attendre en toute sécurité dans une ambulance.

Le personnel doit être protégé par :

- une tenue de protection légère intégrale (Tyvec®...) si l'hôpital en dispose ;
- une tenue de bloc opératoire en cas d'intervention chirurgicale ;
- un masque chirurgical ;
- deux paires de gants en latex ;
- un tablier imperméable pour le personnel réalisant la décontamination.

**Protocole.** Dans un premier temps, le médecin établit le bilan lésionnel de la victime et pratique les premiers gestes de réanimation médicale. Le deuxième temps est constitué par le déshabillage. Si la victime est conditionnée dans une housse, il n'est pas nécessaire de prééquiper la table ou le lit d'examen. Dans le cas contraire, ces éléments sont recouverts d'une feuille de vinyle débordant largement sur les côtés.

**Décontamination.** Une zone munie d'un dispositif de douche sur flexible et si possible d'une baignoire est affectée à la décontamination des victimes et ultérieurement des personnels.

**Personnel.** Les opérations de décontamination proprement dites ne nécessitent pas de personnel spécialisé. Cependant, un entraînement à ce type d'intervention permet d'améliorer l'efficacité des équipes. La détection radiologique qui succède à la décontamination nécessite la présence de personnel compétent capable de mettre en œuvre les appareils de détection de la contamination. Ce personnel de métrologie peut venir, suivant les cas, des services de radiologie, de médecine nucléaire mais aussi des cellules mobiles d'intervention radiologique (CMIR) des sapeurs-pompiers ou des équipes de protection radiologique des centres nucléaires (EDF - CEA). Le service de protection radiologique des armées (SPRA) ainsi que les unités nucléaires du ministère de la Défense disposent de personnel spécialisé dans ce domaine.

**Protocole.** Le déshabillage a entraîné une décontamination externe de l'ordre de 90 %. La contamination résiduelle est localisée aux parties découvertes et au niveau des plaies. Le protocole de décontamination est semblable aux étapes détaillées au chapitre urgences relatives en sachant qu'en cas de contrôle positif, une deuxième décontamination, puis une détection sont entreprises selon le même protocole. Si le contrôle est toujours positif, ces opérations sont renouvelées les jours suivants. La contamination externe résiduelle après deux décontaminations, est parfaitement fixée et ne présente plus aucun risque de dispersion. Les opérations de décontamination sont longues et imposent que le patient soit dans un état clinique stable. Toute altération entraîne une suspension des opérations de décontamination au profit du traitement médicochirurgical.

**Réanimation-bloc opératoire.** La prise en charge des victimes présente quelques spécificités.

**Personnel.** Au personnel habituel d'un service d'urgence, il faut associer une ou deux personnes compétentes dans la mise en œuvre des appareils de détection de la contamination.

**Protocole.** Si les victimes sont admises après déshabillage et décontamination, les risques de contamination des personnels et des installations sont nuls. Si les victimes sont admises après

déshabillage uniquement, le risque de contamination du personnel et des installations est faible mais non nul :

- le personnel est protégé au minimum par le port d'un masque chirurgical et deux paires de gants ;
- des tables d'opération ou les lits sont protégés par du vinyle ;
- lorsque les gestes indispensables à la survie de la victime ont été réalisés, une recherche et une localisation de la contamination sont effectuées ;
- en cas de contamination de faible importance surfacique, une décontamination sommaire à l'aide de compresses imbibées de savon liquide ou de DTPA à 25 % est entreprise. Bien qu'incomplète, elle est efficace ;
- en cas de contamination plus importante, il faut, si l'état de la victime le permet entreprendre une décontamination en règle (douche...).

Si l'on n'a pas été entrepris auparavant, le traitement d'urgence de la contamination interne est mis en œuvre.

## Traitement de la contamination interne

Le traitement initial doit être entrepris le plus précocement possible, c'est-à-dire dans les 2 heures qui suivent la contamination.

### “ Point important

Ce traitement est souvent mis en œuvre à l'aveugle sur simple présomption.

Cette attitude se justifie par l'absence de contre-indication habituelle aux médicaments couramment utilisés ainsi qu'à la posologie généralement réduite à une administration unique, de plus on ne connaît pas d'interférences de ces produits avec d'autres traitements.

La finalité de ce traitement est de réduire autant que faire se peut la quantité de radionucléide incorporée et ensuite d'accélérer son élimination en réduisant sa période biologique. Cette deuxième option vise à réduire le plus possible la quantité de radioactivité dans l'organisme et donc la dose qu'elle détermine par unité de temps. La dose qui n'est pas délivrée à l'organisme du fait de l'accélération de l'élimination du contaminant, par rapport à son élimination spontanée, est appelée dose évitée. Si l'on ajoute la dose résiduelle délivrée par le radionucléide qui n'a pu être éliminé à la dose évitée, on retrouve la dose engagée totale qui serait reçue sans aucun traitement.

Dans ce contexte, l'urgence avec laquelle doit être mis en œuvre un traitement curatif apparaît clairement, la dose évitée étant d'autant plus grande que celui-ci est appliqué plus précocement.

D'autres facteurs, liés essentiellement à l'accessibilité des radionucléides aux agents thérapeutiques avant leur stockage dans les organes de dépôt, renforcent ce caractère d'urgence.

La poursuite d'un traitement à long terme d'une contamination interne est à discuter en fonction de la quantité de radionucléide incorporée. Dans la situation de contamination interne, l'exposition de l'organisme dépend de la distribution du contaminant et du temps total de présence. Ainsi, il existe une dose délivrée par unité de temps (secondes, minutes, heures ou jours) qui est déterminée par la quantité de radionucléides présent dans l'organisme. Cette quantité a tendance à décroître au cours du temps sous l'effet conjoint de la décroissance physique spontanée de tout nucléide radioactif, décrite par la période physique, et d'une élimination biologique par l'organisme, caractérisée par la période biologique. De ce fait, l'exposition par unité de temps décroît à chaque unité supplémentaire, rapidement au début puis de plus en plus lentement. Cette décroissance obéit à une constante de temps qui combine les deux périodes précédentes, la période dite effective.



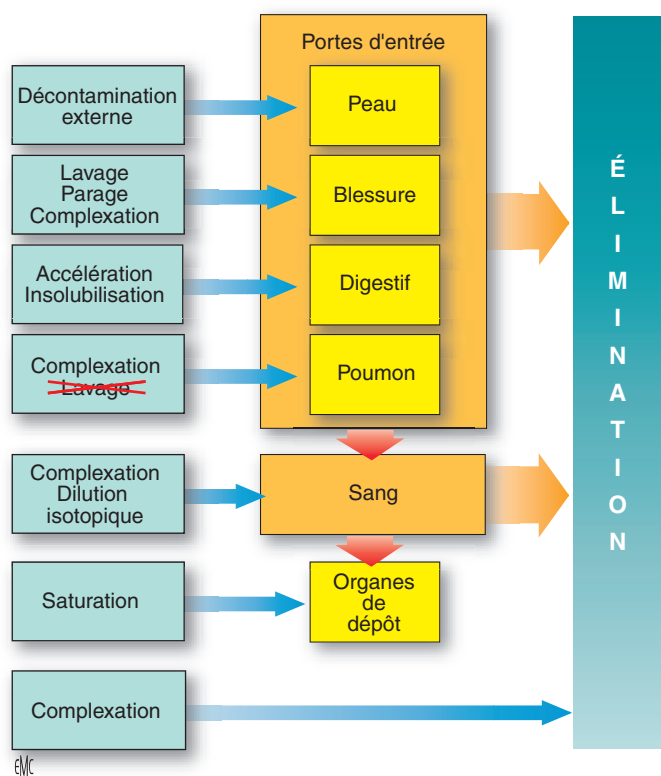


Figure 2. Principes de traitement de la contamination interne.

Le bilan dosimétrique d'une contamination interne n'est pas une urgence et sa réalisation ne doit pas retarder la conduite du traitement. Il est effectué en milieu spécialisé au vu des résultats des examens destinés à évaluer l'importance de la contamination (anthroporadiométrie et/ou analyses radiotoxicologiques sur excréta). Il permet d'établir la dose résultant de l'accident, appelée dose engagée ainsi que le bénéfice obtenu grâce au traitement appelé dose évitée. Ces éléments dosimétriques sont exprimés en mSv.

Le traitement d'urgence peut aisément être instauré si l'accident se produit dans un site nucléaire, le service médical disposant des différents produits spécifiques. Hors site, ce traitement doit être différé pour être conduit à l'hôpital. Cela implique de renseigner très rapidement le service d'accueil hospitalier afin qu'il puisse se procurer en urgence les produits adéquats. Les principes de traitement de la contamination interne sont résumés dans la Figure 2.

Le traitement de la contamination interne peut être appliqué à la porte d'entrée du produit contaminant, dans le compartiment d'échange que constitue le compartiment sanguin et enfin dans le ou les organe(s) de dépôt du radioélément. Les moyens de traitement aux portes d'entrée ont le double but de diminuer la contamination interne locale (phase peu transférable de la contamination) et d'éviter une contamination profonde ultérieure (phase transférable de la contamination).

### À la porte d'entrée

**Décontamination externe de la peau.** Pourvu qu'elle soit douce et « n'incruste pas » l'agent contaminant dans la peau, c'est bien entendu le meilleur moyen de se débarrasser de ce qui risque de devenir une contamination interne.

Elle fait appel à des lavages non agressifs, éventuellement avec un complexant mais surtout avec un agent tensioactif qui, étant éliminé mécaniquement, entraîne le contaminant avec lui.

Il peut également être fait appel à des pâtes de fixation qui, après leur application, entraînent le contaminant dans leur élimination mécanique. La décontamination cutanée doit rester « raisonnable ». Il n'est, en particulier, pas question de pratiquer des décontaminations itératives qui tendraient à perméabiliser la peau au risque de faciliter une contamination interne par

passage transcutané. L'objectif est d'éliminer les quantités importantes de radioélément qui entraîneraient une irradiation locale significative ou un contaminant qui, facilement mobilisable et remis en suspension, pourrait se transformer en contamination interne.

### Au niveau des blessures

**Lavage et parage.** Ils font appel aux techniques habituelles de la chirurgie des plaies. La difficulté est certainement de mener des mesures peropératoires destinées à estimer l'efficacité de la décontamination et de fixer le but raisonnable à atteindre par ces techniques. Il n'est pas licite d'imposer des délabrements fonctionnels importants pour une contamination résiduelle modeste.

**Complexation.** C'est l'administration d'une molécule qui a trois propriétés :

- capturer le radioélément pour former avec lui un complexe stable ;
- être transférable rapidement ;
- être tout aussi rapidement et massivement éliminée, par voie urinaire.

Elle aboutit à détourner des organes de dépôt et à éliminer par voie urinaire rapide un radiotoxique qui, sans cela, aurait effectué un séjour beaucoup plus long dans l'organisme.

Le DTPA est un agent complexant particulièrement préconisé lors des risques de contamination interne. C'est une molécule très peu toxique, complexant les cations bi- à pentavalents, et d'élimination rapide. Son caractère tensioactif permet en outre de le recommander à la place de savons, même sur d'autres contaminants, en cas de contamination cutanée.

### Au niveau du tractus digestif, lors d'une contamination par ingestion

**Accélération du transit intestinal.** Elle raccourcit évidemment le temps de séjour du radionucléide, donc l'irradiation ainsi que le temps disponible pour son transfert digestif. Cette accélération, obtenue par des laxatifs, doit cependant répondre à des objectifs de bon sens, au premier rang desquels la douceur doit figurer. Il n'est pas envisageable qu'un traitement agressif érode les muqueuses au risque de favoriser un passage intempestif vers le milieu intérieur.

**Insolubilisation.** Dans la lumière intestinale, elle vise à diminuer le transfert vers le compartiment sanguin. Elle est utilisée dans le cas particulier du césium (dont le  $^{134}\text{Cs}$  et surtout le  $^{137}\text{Cs}$  qui sont tous deux des produits de fission particulièrement redoutables), élément très transférable, qui se répartit très rapidement dans l'organisme entier, comme le potassium. Son insolubilisation à la porte d'entrée cutanée surviendrait trop tardivement pour empêcher sa diffusion. Mais, au cours de son séjour dans l'organisme, le césium a un cycle entéroplasmatique permanent. L'administration de ferrocyanure de potassium (bleu de Prusse, bleu D.I.), insoluble, per os, piège dans la lumière intestinale le césium et interrompt ce cycle. Le complexe formé reste insoluble et il est éliminé par voie fécale en 48 heures.

**Inhibition de l'absorption.** L'inhibition de l'absorption par tapissage des muqueuses peut faire appel à des alginate ou au phosphate d'alumine.

**Au niveau bronchopulmonaire.** Lors d'une contamination par inhalation.

**Complexation.** La complexation (ou chélation) obéit au principe déjà évoqué. La forme micronisée du DTPA a été proposée, son efficacité est en cours de réévaluation.

Ce traitement peut être mis en œuvre sur simple présomption de radiocontamination, même sans information précise sur le radioélément en cause.

Dans la pratique, on administre 5 gélules/j de DTPA micronisé en inhalation, par l'intermédiaire d'un turbo-inhalateur.

**Lavage pulmonaire.** Il pourrait être le traitement de choix de la contamination respiratoire par un agent non transférable, appelé à séjourner très longtemps dans le poumon et à y délivrer une dose engagée importante. Il s'agit cependant d'une thérapie lourde, qui consiste à laver les deux poumons au sérum physiologique (5 à 7 rinçages par séance), sous anesthésie

générale, à renouveler plusieurs fois. C'est un geste exceptionnel, qui ne serait décidé que pour une contamination massive faisant redouter à court terme une fibrose pulmonaire. En fait le lavage pulmonaire n'est actuellement pas utilisé car le bénéfice attendu est inférieur aux risques encourus.

### Dans le compartiment d'échange (compartiment sanguin)

**Dilution isotopique.** Au niveau sanguin elle consiste en l'apport d'un surplus important d'un isotope stable de l'agent contaminant. L'élimination, accélérée, du surplus se fait indifféremment aux dépens des isotopes stables ou radioactifs, appauvrissant progressivement la concentration en radioisotopes dans l'organisme.

Cette dilution isotopique est mise en œuvre dans le traitement des contaminations par l'eau tritiée. La période biologique de l'eau (tritiée ou non) est d'environ 12 jours. La consommation de 3 litres d'eau de boisson par jour ramène cette période à 3 jours. Des traitements plus agressifs visant à éliminer l'eau tritiée (diurétiques, voire dialyse rénale) ne sont pas nécessaires.

**Complexation.** Au niveau sanguin, par le DTPA, elle reste une méthode de choix pour de nombreux radioéléments (cations bi- à pentavalents). Elle constitue le seul moyen d'atteindre un radiocontaminant avant que ce dernier ne se trouve, au niveau des organes de dépôt, hors d'atteinte des thérapeutiques proposées. Son efficacité a été récemment confirmée à la posologie de 0,5 g/j en intraveineux (i.v.) lente/24 h puis 0,5 g i.v. 3 fois par semaine pendant 3 semaines puis ajustement en fonction de l'excrétion urinaire [7].

On utilise la complexation pour l'élimination de l'uranium au niveau urinaire, selon deux méthodes :

- il y a complexation de l'uranium au niveau sanguin avec les bicarbonates, mais ces complexes sont d'une stabilité moyenne, et sont cassés lors de la réabsorption des bicarbonates dans le néphron. Le traitement consiste donc à saturer l'organisme en bicarbonates, donc à inhiber cette réabsorption (pose de perfusion de solutés bicarbonatés) ;
- l'autre traitement consiste à administrer de l'acétazolamide (Diamox®), diurétique inhibiteur de l'anhydrase carbonique qui commande la réabsorption des bicarbonates.

### Dans l'organe de dépôt

**Complexation.** Au niveau de l'organe de dépôt, on ne dispose pas de chélateurs capables d'entrer dans la cellule sans présenter une cytotoxicité importante. On considère donc en pratique que les radionucléides fixés à ce niveau y sont hors d'atteinte.

Toutefois, un élément incorporé reste en équilibre physico-chimique entre les organes de dépôt et les organes d'échange. Il reste donc possible de chélater ces éléments lors de leur passage dans l'organe d'échange et ainsi de « décorporer » progressivement cet élément.

Un traitement même tardif conserve donc encore une relative efficacité, nettement moins importante cependant qu'au cours de la période initiale de la contamination.

**Saturation.** Elle constitue le traitement par excellence de la contamination au niveau de l'organe de dépôt. Ce traitement s'adresse aux contaminations par des isotopes radioactifs de l'iode. Il consiste à amener préventivement une quantité importante d'iode stable avant même la contamination, pour occuper tous les sites fixant de l'iode. Ce traitement préventif est à la base des mesures qui se mettent en place aux niveaux nationaux en cas d'accident de réacteur nucléaire. Ce type d'accident pourrait être en effet à l'origine de dégagement de grandes quantités de produits de fission au premier rang desquels figurent les isotopes radioactifs de l'iode. Dans la pratique, ce traitement est constitué par une prise d'un comprimé de 130 mg d'iodure de potassium chez l'adulte, un demi-comprimé chez l'enfant et un quart de comprimé chez le nourrisson. Il devrait être institué 2 heures avant le risque de contamination. Cette chronologie n'est pas irréaliste dans le cas d'un accident, en effet, la conception des réacteurs nucléaires occidentaux permet d'envisager une cinétique de l'accident

**Tableau 1.**

Exemples de traitement de contamination interne.

	Traitement	Posologie
Plutonium 239 <sup>239</sup> Pu	DTPA	1 ampoule sur les plaies ou en solution de lavage 5 gélules/j en inhalation 0,5 g/j en i.v. lente/24 h puis 0,5 g i.v. 3 fois/semaine puis ajustement en fonction des résultats des examens radiotoxicologiques
Uranium 235 <sup>235</sup> U	Bicarbonates	Localement : lavage des plaies au bicarbonate Voie générale : 250 ml en perfusion à 1,4 %
	Acétazolamide	2 × 500 mg/j en i.v. lente
Césium 137 <sup>137</sup> Cs	Bleu de Prusse	3 à 4 g/24 h en 3 prises per os
Iode 131 <sup>131</sup> I	Iodure de potassium	1 comprimé à 130 mg/j pour les adultes 1/2 comprimé pour les enfants 1/4 de comprimé pour les nourrissons (idéalement 2 heures avant l'exposition potentielle)
Strontium 90 <sup>90</sup> Sr	Gaviscon®	10 g/j
Yttrium 88 <sup>88</sup> Y	Sulfate de magnésium	5 ampoules/j per os
Cobalt 60 <sup>60</sup> Co	DTPA	1 ampoule sur les plaies ou en solution de lavage 5 gélules/j en inhalation 0,5 g/j en i.v. lente/24 h puis 0,5 g i.v. 3 fois/semaine puis ajustement en fonction des résultats des examens radiotoxicologiques
Tritium <sup>3</sup> H	Hydratation	3 à 4 litres d'eau/j

DTPA : diéthylène triamine penta-acétate ; i.v. : intraveineux.

relativement lente. Dans le cas d'un attentat contre une installation nucléaire, cette cinétique pourrait, selon le scénario, être plus rapide. La prise d'iode stable après contamination n'est pas totalement inutile, mais la dose évitée est notablement inférieure à celle obtenue par traitement préventif.

### Stratégie thérapeutique

La stratégie thérapeutique de départ est la suivante :

- lavage-parage des plaies ;
- irrigation d'une plaie avec une solution de DTPA ;
- traitements généraux associés :
  - DTPA (systématiquement), i.v. lente ;
  - iodure de potassium (en cas de contamination par des isotopes radioactifs de l'iode), per os ;
  - bleu D.I. (en cas de contamination par les isotopes radioactifs du césium), per os ;
  - eau.

Pour la poursuite du traitement, la stratégie thérapeutique dépend de la nature du ou des radionucléides en cause. Plusieurs traitements de la contamination interne en fonction de différents radionucléides sont possibles (Tableau 1).

- Bilan biologique, dont l'objectif dans le cas d'une contamination est de pouvoir objectiver et quantifier la contamination interne, identifier les radionucléides, suivre l'efficacité du traitement et effectuer des calculs dosimétriques. Il s'agit des prélèvements des selles et des urines de la victime associés, éventuellement, au prélèvement du mucus nasal. Devant une victime contaminée, un prélèvement sanguin a souvent peu d'intérêt et ne doit pas être pratiqué en première intention ;



- recueil de renseignements, dont l'objectif est d'assurer une bonne traçabilité des opérations réalisées tout en renseignant les équipes soignantes qui réceptionneront les victimes. Tout blessé évacué sur un hôpital est muni d'une fiche de renseignements médicaux. Dans le cas d'une radiocontamination, cet état doit être complété par une fiche « radiologique ». Cette fiche doit comporter au moins l'heure de l'accident, l'exposition associée à des rayonnements pénétrants, le(s) radionucléide(s) susceptible(s) d'avoir été incorporé(s), leur quantité, leur forme et solution chimique, les produits chimiques associés, le traitement d'urgence entrepris, les prélèvements effectués, les coordonnées des personnes présentes au moment de l'accident...

## Prise en charge de l'irradiation

### Organisation initiale de la prise en charge médicale

La prise en charge de patients irradiés n'impose aucune précaution particulière pour le personnel soignant à l'exception de l'intervention où la source encore présente peut entraîner un risque d'exposition externe. Sur les lieux de l'accident les CMIR organisent un zonage permettant de limiter ce risque. Dans cette zone, les intervenants doivent bénéficier d'une surveillance et de moyens d'alerte dosimétriques [3].

#### “ Point important

Un irradié n'irradie pas. Il n'y a donc pas de précaution particulière à prendre pour le personnel soignant et le patient peut être pris en charge dans une structure classique.

### Deux types d'irradiation

#### Irradiation localisée d'un segment du corps

Les mécanismes impliqués dans une irradiation segmentaire, et donc les conséquences cliniques, dépendent directement de la nature des organes et des tissus concernés. Un élément est cependant constant dans toute irradiation localisée : la peau. Ce tissu est donc concerné dans tous les cas et son atteinte peut servir de témoin pour le diagnostic et l'évaluation de la dose, mais elle est surtout à l'origine de conséquences cliniques très variables allant de l'érythème à la nécrose. Ces lésions relèvent des effets dits déterministes des radiations ionisantes.

Il est donc utile de rappeler ici qu'une partie de la peau, l'épiderme, est un modèle de tissu dit compartimental (ce qui n'est pas le cas du derme), c'est-à-dire constitué de plusieurs compartiments caractérisés par des niveaux de prolifération cellulaire et de radiosensibilité nettement différents.

Ainsi, le premier compartiment est celui des cellules souches de l'épiderme qui présente de nombreuses mitoses puisque sa fonction est le renouvellement du revêtement cutané. De ce fait, ce tissu est le plus radiosensible. Le second compartiment est celui de maturation avec des cellules nucléées en différenciation. Ce compartiment est moins radiosensible car il ne s'y produit pas de mitose. Après un transit de 3 semaines environ dans ce compartiment, les cellules atteignent le troisième qui est celui des cellules différenciées qui constituent la couche cornée de l'épiderme. Ces cellules n'ont plus de noyau et ne se divisent plus. Elles sont très peu sensibles aux radiations ionisantes [8].

**Tableau 2.**

Lésions cutanées en fonction des doses reçues en exposition aiguë.

Dose en Gray	Effet observé
> 25	Nécrose dermique et hypodermique
> 20	Ulcération
> 15	Épidermite exsudative avec phlyctènes
> 6	Épidermite sèche
> 4	Épilation
3 - 5	Érythème <sup>a</sup>

<sup>a</sup> pour toute dose supérieure à 5 Gray, un érythème survient de façon initiale et temporaire et peut être associé à une infiltration œdémateuse qui peut persister jusqu'à l'installation des lésions définitives.

Cette stratification fonctionnelle permet de comprendre que les radiations ionisantes vont en premier lieu détruire les cellules souches en division et que les manifestations cliniques n'apparaîtront qu'après la fin du transit des dernières cellules dans le compartiment de maturation, c'est-à-dire environ 3 semaines. Après ce délai, la couche cornée n'étant plus renouvelée, la destruction de l'épiderme devient patente. Ce délai peut être raccourci en cas de forte dose car la destruction de cellules du compartiment de maturation accélère la dépopulation de celui-ci. Ainsi, une personne exposée à une source intense de radiations ionisantes peut ne présenter aucune manifestation initiale et ignorer cette irradiation jusqu'à la révélation des lésions sous la forme d'une brûlure radio-induite pouvant atteindre un stade de nécrose en fin d'évolution.

En pratique, si une irradiation localisée est importante, exposant au risque de brûlure constituée, voire de nécrose, il existe une manifestation initiale transitoire, de type érythémateux. Cette réaction est inconstante mais très fréquente et apparaît quelques heures après l'exposition et ne persiste que quelques heures. Elle doit cependant être recherchée par l'examen ou l'interrogatoire. Ainsi, par exemple, l'apparition d'un érythème des membres inférieurs quelques heures après un trajet en transport en commun, peut faire évoquer une exposition méconnue par une source à terre, surtout si plusieurs personnes se présentent avec les mêmes symptômes. Il est vrai qu'il n'est pas certain que ces victimes consultent pour cette raison et surtout qu'un même médecin puisse voir plusieurs patients avec des signes comparables et donner l'alerte. En revanche, malgré le caractère inconstant de ces symptômes, les rechercher après la révélation de la présence d'une source dans le public doit permettre d'identifier les personnes qui sont réellement à risque de lésions cutanées retardées. Quelques exemples de lésions cutanées en fonction de doses reçues sont présentés dans le [Tableau 2](#).

#### Irradiation globale de l'organisme

Si l'apparition d'effets cutanés par exposition localisée est extrêmement fréquente quel que soit le type de source, les effets généraux par irradiation globale de l'ensemble de l'organisme ne peuvent se concevoir que pour des sources de très forte activité, comme celles destinées à la radiothérapie, ou dans le cas d'expositions prolongées et répétées.

Dans le cas de l'irradiation globale, d'autres tissus sont concernés mais les mécanismes physiopathologiques sont exactement du même type que ceux aboutissant aux lésions cutanées. Il s'agit du tissu hématopoïétique et du revêtement muqueux du tube digestif. Le [Tableau 3](#) présente quelques exemples de syndromes en fonction des doses reçues.

En raison du mode de fonctionnement des tissus compartimentaux, les manifestations hématologiques sont retardées par rapport à l'exposition. Le délai de survenue est également de l'ordre de 3 semaines. Plus la dose reçue est élevée, plus les conséquences cliniques sont graves et plus le délai de survenue des symptômes est court.



**Tableau 3.**  
Syndromes généraux et doses correspondantes en irradiation globale aiguë.

Dose en Gray	Effet observé
> 15	Syndrome neurologique d'emblée avec troubles de conscience puis coma et décès
10 - 15	Détresse respiratoire avec hémoptysies
5 - 10 <sup>a</sup>	Syndrome digestif suivi par un syndrome hémato- logique pour les survivants
1 - 5 <sup>b</sup>	Syndrome hématologique

<sup>a</sup> au-delà de 5 Gray, risque de l'apparition d'un syndrome de défaillance multiviscérale (SDMV) avec décès possible du fait de l'accumulation des troubles malgré le contrôle thérapeutique ponctuel de certains d'entre eux.

<sup>b</sup> au-delà de 3 Gray, le pronostic vital est engagé. En l'absence de traitement, une dose de l'ordre de 4,5 Gray provoque une létalité de 50 % dans une population.

Comme dans l'atteinte de la peau, il existe un tableau clinique précoce permettant d'identifier une exposition globale importante. Il s'agit de céphalées, de sensation de malaise et surtout de nausées et de vomissements incoercibles mais transitoires. Là encore, de tels symptômes doivent faire évoquer une exposition globale mais en temps de paix, leur manque de spécificité risque fort d'égarer un tel diagnostic au profit d'autres plus probables, de type gastroentérite par exemple. C'est le groupement insolite de tels patients qui devrait attirer l'attention mais l'alerte reste néanmoins improbable sur de telles bases en raison des confusions diagnostiques possibles. En revanche, lorsqu'on a la notion de l'abandon ou de la perte de source, l'anamnèse doit rechercher ces signes afin d'identifier, là encore, les patients à risque élevé de manifestations retardées.

Il faut ici signaler l'intérêt potentiel d'anomalies hématologiques induites par les rayonnements ionisants et leur utilité pour le diagnostic de l'exposition. La population lymphocytaire est la plus concernée. La diminution du nombre des lymphocytes circulants est précoce, dès les premières heures après l'irradiation et la vitesse de dépopulation lymphocytaire est corrélée à la dose reçue. De plus, apparaissent des aberrations chromosomiques particulières qui peuvent être recherchées dans les lymphocytes, l'apparition de chromosomes dicentriques par exemple.

### “ Point important

La difficulté est de penser à utiliser ces moyens biologiques devant un tableau clinique a priori peu spécifique.

C'est également a posteriori, lorsque la possibilité d'exposition est connue, que cette information prend tout son sens pour l'identification des personnes réellement concernées.

### Prise en charge médicale

L'urgence dans ce cas n'est pas thérapeutique mais diagnostique. Les informations permettant de reconstituer ultérieurement la dose reçue par la victime seront définitivement perdues si elles ne sont pas recueillies sur le lieu de l'accident. La prise en charge sur le lieu de l'accident s'articule donc ainsi :

- les actions réflexes (secours aux victimes, suppression de l'exposition, la protection des personnes, l'alerte) ;
- numération formule sanguine (NFS) et prélèvements sanguins permettant ultérieurement d'établir une dosimétrie biologique ;



- recueil de tout renseignement permettant d'établir une dosimétrie (estimation dosimétrique, caractéristique de la source, disposition, localisation, temps d'exposition...).

### Traitement de l'irradiation

Pilotage et conduite thérapeutique sont fondés, dans les premiers jours, sur la clinique (nausée, vomissement, érythème...) et la pente de chute des lymphocytes (NFS toutes les 4 heures pendant les 48 premières heures).

Exploitation des données permettant d'établir le risque : estimation de la dose reçue et de l'homogénéité de l'exposition par analyse des conditions d'exposition et interprétation des examens qui participent à la dosimétrie biologique. Cette évaluation conditionne le traitement et le pronostic.

### Traitement des irradiations localisées

Les victimes d'irradiations localisées sont en fait des brûlés radiologiques dont les plaies sont à l'origine d'une réaction inflammatoire générale souvent intense, à laquelle s'ajoute un risque infectieux qui peut être majoré par les conséquences immunologiques de l'irradiation [9]. L'évaluation rapide de la dose permet à l'équipe soignante de prévoir les lésions et symptômes à venir et donc d'anticiper sur l'évolution médicale future (par exemple recherche et traitement de tous les foyers infectieux potentiels : dentaire, ORL, urinaire...).

La gestion globale qui place le patient dans des conditions optimales de cicatrisation est donc fondamentale. Cette approche repose sur quatre volets :

- l'installation du patient ;
- l'analgésie ;
- la prévention de l'infection ;
- un programme de nutrition adapté aux dépenses calorico-azotées.

Au stade de la nécrose, le traitement de choix repose sur l'excision-greffe précoce en sachant que la date et l'étendue du geste chirurgical sont des choix difficiles. Ce geste chirurgical pourrait être accompagné d'injection de cellules souches mésenchymateuses (CSM). Ce traitement non encore validé a eu des résultats prometteurs dans les suites d'un accident d'irradiation récemment traité à l'hôpital d'instruction des armées Percy (Clamart).

### Traitement des irradiations globales

La greffe de moelle osseuse est désormais un geste exceptionnel en raison d'un rapport risque/bénéfice attendu la plupart du temps défavorable. L'essentiel du traitement fait appel soit à des facteurs de croissance permettant à la moelle osseuse de se régénérer (cytokines : G-CSF et érythropoïétine [EPO]), soit à la greffe allogénique de cellules souches hématopoïétiques.

La greffe allogénique de cellules souches hématopoïétiques, quand l'indication en est posée, est dans tous les cas différée à 3 semaines. Cette greffe peut être envisagée chez les patients n'ayant pas répondu positivement au traitement par cytokines et remplissant certains critères prédéfinis.

### Stratégie en cas d'afflux important d'irradiés

Des réunions de consensus ont permis de définir plusieurs principes détaillés ci-dessous [10].

**Catégorisation des victimes.** La catégorisation des victimes s'effectue suivant deux grands types de critères, les uns cliniques, les autres biologiques :

- l'analyse des signes cliniques : les principaux signes cliniques apparaissent pendant les premières 24 heures après l'irradiation. Ils sont présentés à la Figure 3 [11] ;
- les critères biologiques : ils font appel à l'évaluation de l'importance et de la rapidité de la chute des lymphocytes sanguins dans les 24 à 48 premières heures. Il est en effet connu que la pente de chute des lymphocytes est directement proportionnelle à la dose reçue.

Dose absorbée probable	> 15 Gy	8 - 15 Gy	4 à 8 Gy	2 à 4 Gy	1 à 2 Gy	< 1 Gy
Début des prodromes	Premières minutes		30 min à 1 h	1 h à 2 h	> 2 h	
Détresse circulatoire						
Convulsions						
Désorientation						
Obnubilation						
Érythème						
Œdème précoce						
Diarrhée						
Hyperthermie						
Céphalées						
Asthénie						
Nausées Vomissements						
Parotidite	Apparition dans les 24 heures					
Érythème précoce						
Grade	3		2		1	
Intensité des signes	+++	++	+	+/-	-	

Figure 3. Principaux signes cliniques après irradiation dans les 24 premières heures (d'après [11]).

Une catégorisation opérationnelle simple des victimes en trois niveaux est proposée en fonction de la sévérité du syndrome aigu d'irradiation :

- grade 1 : absence de risque létal, simple mise en observation, traitement ambulatoire ;
- grade 2 : risque létal, traitement à visée curative ;
- grade 3 : survie impossible, traitement à visée palliative.

**Bilan biologique.** Prévoir une check-list préétablie des examens suivants :

- NFS toutes les 4 heures, au minimum toutes les 8 heures (pour une évaluation précise de la pente de la chute lymphocytaire) pendant les 48 premières heures puis 2 fois par jour les jours suivants ;
- deux prélèvements à 4 heures d'intervalle pour la dosimétrie cytogénétique (recherche et dénombrement des aberrations chromosomiques) à transmettre en urgence au laboratoire de dosimétrie biologique de l'Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire (IRSN) ;
- bilan complet et prétransfusionnel ;
- examen cytotactériologique urinaire, coproculture ;
- bilan inflammatoire ;
- typage HLA classe I et congélation des cellules pour typage – classe II ;
- sérothèque en particulier pour le Flt3-ligand (bio-indicateur des dommages hématopoïétiques radio-induits) et la citrulline (marqueur des lésions de la muqueuse intestinale).

**Stratégie thérapeutique.** Le traitement des syndromes hématopoïétiques est identique à celui des irradiations globales détaillé plus haut. Un traitement systématique par cytokines est appliqué aux patients de grade 2 et aux patients de grade 3 qui ne présentent aucun signe patent d'une atteinte irréversible du système nerveux central et dont on ne peut savoir s'ils sont définitivement de grade 3 ou 2. Ce traitement est mis en place le plus rapidement possible.

## ■ Prise en charge des victimes non blessées

### Victimes présentes sur le lieu de l'accident

La prise en charge des contaminés non blessés (suspects de contamination) est effectuée au départ avec des équipes non médicales. Cette prise en charge comprend trois étapes :

- mise à l'abri (dénombrement des personnes impliquées, organisation de l'évacuation) ;
- arrivée dans une chaîne de décontamination ou dans un centre de tri et de décontamination sommaire (CTDS). Les CTDS sont utilisés pour le traitement des personnes valides susceptibles d'avoir été contaminées ;
- déshabillage et décontamination externe par douche. Ensuite les victimes sont contrôlées :
  - en cas de résultat positif (contamination supérieure à deux fois le bruit de fond), un nouveau passage à la douche est prescrit. Si le deuxième contrôle met en évidence une contamination résiduelle (contamination fixée), le patient est accompagné vers une structure adaptée pour décontamination fine et traitement de la contamination interne (PABRC par exemple) ;
  - en cas de contrôle négatif, les victimes, après rhabillage, sont dirigées vers une cellule d'accueil pour la prise en charge psychologique.

De façon générale les victimes non blessées qui n'auraient pu être décontaminées sur le site sont acheminées vers des centres d'accueil extrahospitaliers afin d'y être décontaminées. Ces structures sont créées ponctuellement afin d'éviter de saturer les PMA et les hôpitaux. Leur mission essentielle est l'accueil de l'ensemble des victimes non blessées présentes sur les lieux ou à proximité des lieux de l'accident : accueil, enregistrement de

l'état civil, coordonnées, information, prélèvements, questionnaire, prise en charge psychologique...

Il convient de recueillir tous les éléments permettant de reconstituer une dose éventuelle. Ces éléments doivent être conservés et transmis aux organismes compétents (IRSN, SPRA) :

- les dosimètres passifs et dosimètres opérationnels, s'ils existent, sont soigneusement conservés ;
- en cas de risque de contamination des examens complémentaires peuvent être réalisés (anthroporadiamétrie et/ou radiotoxicologie des urines et des selles des 24 heures - urines et selles sont conservées sans additif - examen non urgent) ;
- en cas d'irradiation, associée ou non, prélèvements sanguins en vue d'établir une dosimétrie biologique et d'assurer une bonne conduite du traitement.

En ce qui concerne le contrôle des personnels ayant participé à l'intervention, les personnels ayant opéré en secteur chaud doivent avant de le quitter :

- se déshabiller ;
- prendre une douche systématique ;
- bénéficier d'un contrôle radiologique systématique ;
- bénéficier d'un soutien psychologique.

Tous ces personnels doivent être répertoriés et faire l'objet d'un suivi particulier par le service de médecine du personnel. Une évaluation de la dose reçue par ce personnel au cours de l'intervention est obligatoire. Cette évaluation dosimétrique peut s'appuyer sur des résultats individuels ou collectifs de dosimétrie opérationnelle. La restauration des locaux et la récupération des déchets sont réalisées par des équipes spécialisées.

## Autres victimes concernées par l'accident (impliquées)

Les populations vivant à proximité du lieu de l'accident peuvent développer une inquiétude et des interrogations légitimes. Il en va de même pour les différents intervenants d'une façon ou d'une autre dans la gestion de cet événement. Ces personnes doivent bénéficier également d'un soutien psychologique et parfois, même si ce cas de figure ne constitue pas une urgence, d'examens complémentaires spécifiques (comme une anthroporadiamétrie) qui bien souvent permettent de les rassurer. Le SPRA et l'IRSN disposent d'installations mobiles d'anthroporadiamétrie qui peuvent renforcer les moyens locaux. L'exposition à des radiations ionisantes a cette particularité de ne pas nécessairement rendre concrète l'atteinte, ouvrant la voie à l'imaginaire. La fonctionnalité du dispositif mis en place pour porter secours est le meilleur moyen de faire limite à des débordements émotionnels désorganisateur. Le déploiement d'une cellule médicopsychologique est le signe fort d'une attention portée aux inquiétudes individuelles en même temps que le moyen d'apporter des soins spécifiques rapides dès qu'émerge un trouble psychiatrique. C'est enfin le moyen d'introduire le sujet dans une logique de soins plus que d'isolement [12].

### “ Point important

La prise en charge psychologique des victimes blessées ou non est particulière et doit être désormais connue du plus grand nombre.

## ■ Conclusion

La prise en charge médicale d'un blessé radiocontaminé répond à un certain nombre de principes simples modulés par

la gravité des lésions et par le type d'exposition. En cas d'accident majeur, la mise en œuvre des secours se heurte aux difficultés liées :

- à un afflux de blessés contaminés et/ou irradiés ;
- à l'effet de panique ;
- à la désorganisation des moyens existants.

La prise en charge d'une contamination ou d'une irradiation obéit à des logiques différentes qui imposent des priorités spécifiques parfois opposées :

- une victime contaminée impose des précautions, vis-à-vis du risque radiologique, pour le patient et l'équipe soignante, en revanche la prise en charge médicale est relativement simple. Le patient est exposé à l'apparition d'effets stochastiques, soit un risque à long terme (cancérogenèse, leucémies...) mais paradoxalement la priorité est au traitement qui doit être aussi précoce que possible ;
- une victime irradiée n'impose aucune précaution particulière, vis-à-vis du risque radiologique, pour le patient ou l'équipe soignante. En revanche, la prise en charge médicale est généralement complexe. Le patient est exposé à l'apparition d'effets déterministes, soit un risque à court terme, mais la priorité n'est pas le traitement mais l'évaluation dosimétrique car c'est elle qui conditionne la stratégie thérapeutique et le pronostic.

Afin d'améliorer la prise en charge des victimes radiocontaminées, une information et une formation régulière des équipes soignantes doivent être organisées et entretenues. Seules des actions régulières de formation sont à même de limiter le risque de désorganisation des secours. Ces actions doivent permettre à chacun de connaître sa place dans la chaîne de prise en charge des victimes : ce qu'il doit faire, ce qu'il ne doit pas faire et ce qu'il peut attendre des autres structures engagées dans l'intervention.

Les auteurs remercient pour leur aide et leurs conseils le Professeur Jean-François Garcia et le Lieutenant de Vaisseau Pascal Doussot.



## ■ Références

- [1] Laroche P, de Carbonnières H. *Terrorisme radiologique. Collection Médecine des Risque*. Paris: Elsevier; 2004 (120p).
- [2] Circulaire n° 800/SGDN/PSE/PPS du 23 avril 2000, relative à la doctrine nationale d'emploi des moyens de secours et de soins face à une action terroriste mettant en œuvre des matières radioactives.
- [3] Décret n° 2003-295 du 31 mars 2003, relatif aux interventions en situation d'urgence radiologique et en cas d'exposition durable et modifiant le code de la santé publique.
- [4] Circulaire DHOS/HFD/DGSRN n° 277 du 2 mai 2002, relative à l'organisation des soins médicaux en cas d'accident radiologique ou nucléaire.
- [5] Circulaire DHOS/HFD n° 2002/284 du 3 mai 2002, relative à l'organisation du système hospitalier en cas d'afflux de victimes.
- [6] Guide national relatif à l'intervention médicale en cas d'évènement nucléaire ou radiologique. [http://www.sante.gouv.fr/htm/pointsur/attentat/guide\\_nucleaire.pdf](http://www.sante.gouv.fr/htm/pointsur/attentat/guide_nucleaire.pdf).
- [7] Rapport CEA-R-6097. Exposition aux actinides bilan injections de Ca-DTPA dans les centres CEA-COGEMA. 2006.
- [8] Foehrenbach H, Laroche P, de Carbonnières H, Mantzarides M, Bonardel G, Gontier E. Prise en charge hospitalière initiale de victimes irradiées et contaminées dans un contexte d'exposition accidentelle de populations. *Méd Nucl* 2006;**30**:452-63.
- [9] Stephanazzi J, Bargues L, Curet PM, Lebever H, Carsin H. Le traitement du syndrome cutané radiologique. In: *Menace terroriste approche médicale*. Montrouge: Editions John Libbey Eurotext; 2005. p. 112-22.
- [10] Conférence de consensus des Vaux de Cernay de mai 2003 : stratégie thérapeutique des irradiations accidentelles. Rapport d'activité de l'IRSN, 2003.

- [11] Guiraud R. *Les professions de santé et l'exposition de l'homme aux rayonnements ionisants*. Université Paul-Sabatier, EDF, Centrale de Golfech/SFEN; 1992.
- [12] Boisseaux H, Laroche P, de Carbonnières H, Foehrenbach H. L'agression radionucléaire. Impact psychologique et prise en charge. *Méd Nucl* 2006;**30**:464-70.

## Pour en savoir plus

Direction Générale de la sûreté Nucléaire et de la Radioprotection : [www.asn.gouv.fr](http://www.asn.gouv.fr)

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire : [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr).  
Société Française de Radio-Protection : [www.sfrp.asso.fr](http://www.sfrp.asso.fr)  
Samu de France : [www.samu-de-france.com](http://www.samu-de-france.com). Lettres « Nucléaire et Santé Actualités » du Comité d'informations des professionnels de santé d'EDF, recommandations de la Direction Générale de la Santé, avis d'alerte de l'InVS, module de formation NBRC.  
Agence Internationale de l'Energie Atomique : [www.iaea.org](http://www.iaea.org)  
United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation : [www.unscear.org](http://www.unscear.org).  
Armed Forces Radiobiology Research Institute (US) : [www.afrrri.usuhs.mil](http://www.afrrri.usuhs.mil).  
American Nuclear Society (US) : [www.ans.org](http://www.ans.org).

---

P. Laroche, Professeur agrégé du Val de Grâce, Directeur adjoint du SPRA ([spra.def@wanadoo.fr](mailto:spra.def@wanadoo.fr)).

H. de Carbonnières, Spécialiste du service de santé des Armées, Médecin-chef des Forces sous-marines.

X. Castagnet, Spécialiste du service de santé des Armées, Chef de la division médicale du SPRA.

Service de protection radiologique des Armées, 1 bis, rue du Lieutenant-Raoul-Batany, 92141 Clamart cedex, France.

Toute référence à cet article doit porter la mention : Laroche P., de Carbonnières H., Castagnet X. Risque radiologique : prise en charge médicale des victimes d'accidents radiologiques. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Médecine d'urgence, 25-030-H-60, 2007.

Disponibles sur [www.emc-consulte.com](http://www.emc-consulte.com)



Arbres  
décisionnels



Iconographies  
supplémentaires



Vidéos /  
Animations



Documents  
légaux



Information  
au patient



Informations  
supplémentaires



Auto-  
évaluations