

Traitement par le Ca-DTPA des contaminations internes par le plutonium et l'américium : Recommandations pour la rédaction de protocoles dans les centres CEA et AREVA

L. GRAPPIN¹, J.-P. LEGOFF², L. CARBONE³, C. COURTAY⁴,
A.-L. AGRINIER³, M. ANINAT⁴, J.-C. AMABILE⁵, A. FLORIN⁶, F. ANDRE²

(Manuscrit reçu le 7 mai 2009, accepté le 17 août 2009)

RÉSUMÉ L'objectif de ce document est de proposer aux médecins du travail des INB, des recommandations pour la rédaction de protocoles de traitement par le Ca-DTPA des contaminations internes par le plutonium et l'américium. Ces recommandations s'appuient sur le bilan des injections réalisées dans les centres CEA et AREVA en France. Elles ont été réalisées par un groupe de travail de médecins du CEA, d'AREVA et du Service de protection radiologique des Armées. Cet article concerne principalement le Ca-DTPA administré par voie intraveineuse (IV). Les autres formes galéniques, voies d'administration ainsi que les traitements adjuvants sont également évoqués. Pour les plaies contaminées et les inhalations, les indications du traitement par le Ca-DTPA sont précisés ; en particulier son initialisation, sa posologie, sa durée, sa fréquence d'administration, les critères d'arrêt, son efficacité et le gain dosimétrique. Une aide décisionnelle est proposée pour la prescription du suivi radiotoxicologique nécessaire à la conduite du traitement et à l'évaluation dosimétrique.

ABSTRACT Treatment with Ca-DTPA of internal contaminations by plutonium and americium: Recommendations for writing protocols in CEA and AREVA centers.

The purpose of this document is to provide physicians working in a BNF (Basic Nuclear Facility) with recommendations for the drafting of Ca-DTPA treatment protocols for internal contamination by actinides. These recommendations are based on the results of injections carried out by CEA and AREVA doctors in a working group, with the collaboration of the Army Radiation Protection Service. The study focused on Ca-DTPA IV injection. Other dosage forms, routes of administration as well as adjuvant treatments are also mentioned. For cases of contaminated wounds and inhalation, indicators for treatment with Ca-DTPA, particularly its initialization, the dosage, duration, frequency of administration, the criteria for ending the treatment, then its efficiency and dosimetry gain are covered. A guide for

¹ CEA DEN, Service de santé au travail, Cadarache, 13108 Saint-Paul les Durance, France.

² CEA DAM, Service de santé au travail, Valduc, 21120 Is-sur-Tille, France.

³ CEA DEN, Service de santé au travail, Marcoule, 30207 Bagnols-sur-Cèze, France.

⁴ AREVA, Service de santé au travail, La Hague, 50444 Beaumont-Hague, France.

⁵ SPRA, HIA Percy, 92141 Clamart, France.

⁶ CEA DSM, Service de santé au travail, Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France.

the prescription of the radiotoxicological monitoring necessary for the treatment and the dosimetric evaluation is proposed.

Keywords: Ca-DTPA / contaminated wounds / inhalation / treatment of internal contamination / treatment protocols

Cet article fait le point sur les conduites validées par les médecins d'un groupe de travail CEA-AREVA-SPRA ; elles sont basées sur les publications sur le Ca-DTPA et sur l'expérience pratique dans le traitement des contaminations internes par le plutonium et l'américium. Ce document est rédigé pour les médecins confrontés à la prise en charge de salariés pouvant être impliqués dans des incidents de contamination par ces radionucléides, en distinguant les contaminations par plaies et les contaminations par inhalation.

L'indication du traitement est actuellement d'autant plus légitime, que le produit a reçu une autorisation de mise sur le marché (AMM) en 2008.

Cependant l'organisation de la prise en charge de la personne susceptible d'être contaminée, les critères de mise en route du traitement, la prescription des examens complémentaires, la poursuite et l'arrêt du traitement doivent s'appuyer sur l'appréciation du niveau d'exposition établie à partir des conditions d'exposition et des examens radiotoxicologiques.

À partir de ces recommandations, des consignes locales dans chaque centre doivent être établies selon les conditions d'exposition et les organisations spécifiques (Blanchin *et al.*, 2004).

Le retour d'expérience des différents centres devra continuer à être exploité pour permettre de poursuivre une démarche commune en vue d'améliorer la prise en charge thérapeutique de ces patients.

Ces pratiques s'appuient sur les dispositions réglementaires (Décret, 2003 ; ISO, 2006 ; JORF, 2003), et également sur les recommandations de l'IRSN (rapport SDI/2007-031) qui précisent que dans les cas considérés le traitement chélateur spécifique doit être entrepris dès suspicion de contamination interne.

1. Traitement des plaies contaminées

1.1. Définition

Une plaie contaminée ou susceptible de l'être doit être considérée comme une urgence thérapeutique.

Pour cela, doit être mise en place, dans les installations concernées par le risque, une procédure de prise en charge, qui doit être connue de tout le personnel et incluse dans sa formation.

Toute personne, présentant une plaie, même minime, en zone à risque de contamination ou une contamination cutanée sur une peau lésée, doit le signaler au service de radioprotection de l'installation (SPR) pour intervention du service de santé au travail (SST).

Toute plaie survenant dans ces conditions est considérée comme contaminée et doit donc être prise en charge en urgence.

Les consignes sont élaborées en concertation entre l'installation, le SST et le SPR. L'utilisation d'une fiche de liaison à transmission rapide (fax) établie par la personne du SPR présente dans l'installation et responsable de la prise en charge de l'incident, et transmise au SST permet au médecin d'être informé des circonstances de la contamination dans le délai le plus bref. Ce document doit renseigner rapidement le médecin sur les conditions de l'incident, les risques associés, les concentrations atmosphériques, les mesures effectuées sur le corps, les vêtements, les surfaces de travail ou le sol, les coordonnées de la personne du SPR responsable, le radioélément concerné, le rapport entre Pu et Am, sa forme chimique, le lieu précis de l'accident. Une mesure doit être faite chaque fois que possible sur l'objet contondant.

Ultérieurement en cas de contamination notable, une spectrométrie sur frottis de l'objet en cause pourra apporter une information utile au médecin.

1.2. Évaluation de la contamination

L'urgence médicochirurgicale prime sur l'urgence radiologique, néanmoins le traitement par DTPA sera administré dès que possible.

Le traitement de la contamination interne est réalisé en urgence sur simple suspicion. Un certain nombre d'éléments permettent d'évaluer plus précisément la situation :

- les circonstances : objet blessant contaminé ou susceptible de l'être. En l'absence de mesures ou d'informations sur l'objet en cause, celui-ci sera considéré comme contaminé ;
- les mesures locales sur la plaie dans l'installation. Ces mesures sont à renouveler au SST (le bruit de fond y est plus bas, et les appareils de détection plus sensibles) ;
- la spectrométrie locale ou autre mesure localisée. Cette mesure évalue les fractions fixées dans la plaie. Devant une situation évocatrice de contamination, la négativité de la mesure de la sonde X ne doit pas conduire systématiquement à l'abstention thérapeutique. En effet, une mesure en spectrométrie locale X (dont le rendement peut être très faible), inférieure à la

limite de détection (LD) ne peut pas exclure un passage systémique. Il peut être intéressant de faire un comptage des compresses utilisées.

L'activité mesurée dans la plaie ne caractérise pas l'importance de la contamination systémique : c'est l'excrétion urinaire qui sera le critère déterminant (Piechowski *et al.*, 1992).

Cas particulier : en l'absence de plaie, devant une contamination externe, il faudra prendre en compte le risque de passage systémique et instaurer le traitement en appréciant :

- l'état cutané (préexistence d'une lésion même minime),
- la forme physico-chimique (notamment la présence de solvant),
- l'étendue de la contamination cutanée,
- une contamination des muqueuses éventuellement associée.

Pour mémoire :

- il ne faut pas négliger un éventuel risque d'inhalation associée (*cf.* paragraphe 2),
- la plaie doit être déclarée en tant qu'accident de travail.

1.3. Traitement

1.3.1. Traitement par voie générale

Le traitement a pour objectif de chélater les radioéléments arrivant dans le sang à partir de la plaie, donc d'augmenter leur élimination urinaire, et de diminuer leur fixation sur les organes de dépôts.

L'efficacité et la justification du traitement par Ca-DTPA IV sont exposées dans le rapport CEA-R-6097 : « Exposition aux actinides : bilan des injections de Ca-DTPA dans les centres CEA-COGEMA » (Grappin *et al.*, 2006, 2007).

L'entrée systémique immédiate, au moment même de la blessure et dans les tous premiers instants qui suivent, peut être la composante principale de la contamination interne, et justifie l'urgence à traiter par le DTPA intra veineux (IV). Le traitement devra donc être mis en place au plus tôt, dans la première heure si possible.

L'indication du traitement, basée sur les éléments d'évaluation, est présentée sur la figure 1.

Posologie :

- 0,5 g de la solution à 25 % (soit 1/2 ampoule de 4 ml) pour les cas généraux. L'administration se fera en IV lente ou en perfusion de 15 minutes environ en diluant le DTPA dans 100 ml de sérum physiologique ou de glucosé à 5 %. En aucun cas la mise en place de la perfusion ne doit retarder le traitement.

Il est recommandé de ne pas dépasser 1 g par jour.

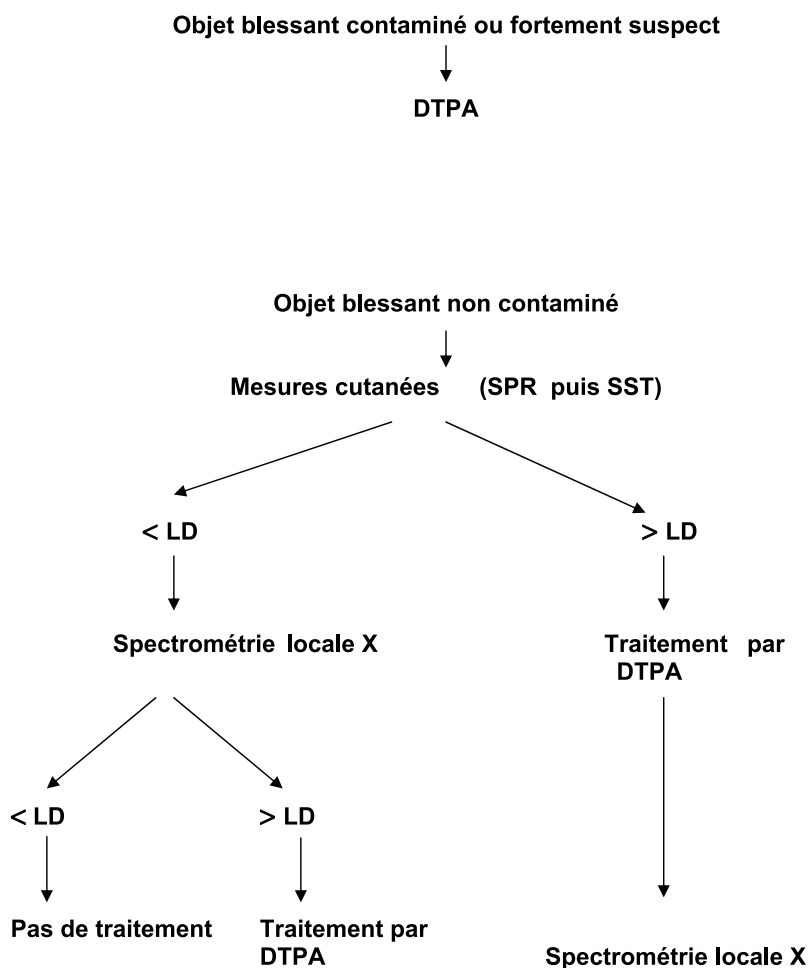


Figure 1 – Plaie en zone contaminante: arbre décisionnel.
Wound occurring in risk area: decision support.

Schéma thérapeutique :

- 1 injection en urgence (J1),
- à renouveler les 2^e (J2) et 3^e jours (J3), selon les éléments d'appréciation (cf. paragraphe 1.6).

Puis si les éléments d'appréciation confirment le risque de contamination, *a fortiori* si les premiers résultats d'urines sont disponibles et montrent un passage

systemique significatif (pouvant conduire à un calcul de dose), le traitement est poursuivi selon le schéma suivant :

- 3 injections (0,5 g de solution à 25 %) par semaine pendant 3 semaines,
- 1 injection par semaine pendant 3 mois.

En résumé :

- 1 IV par jour pendant 3 jours,
- 3 IV par semaine pendant 3 semaines,
- 1 IV par semaine pendant 3 mois.

Lors des traitements prolongés, une éventuelle déplétion en oligo-éléments devra être évaluée par un dosage sanguin du cuivre et du zinc. Un traitement de type Oligosol pourra être proposé.

1.3.2. Traitement local

On pratique si nécessaire une décontamination locale classique par lavage, complétée éventuellement par mise en place d'un pansement occlusif. La solution de DTPA peut être utilisée en application locale, sans que cela n'ait été validé. Cette indication ne fait pas l'objet de l'AMM.

L'importance de la contamination fixée à la plaie peut justifier une résection locale, sans caractère d'urgence. La décision d'intervention se fait selon le résultat de la spectrométrie locale X. Il n'existe pas de valeur de référence pour l'indication opératoire, mais elle doit se discuter dès qu'une spectrométrie est au dessus de la limite de détection après plusieurs contrôles. Le médecin prendra en compte outre l'activité fixée au niveau de la plaie, le pronostic fonctionnel, et le contexte psychologique.

Sauf urgence associée, nécessitant un transport vers l'hôpital le plus proche, l'intervention se fait au bloc opératoire du centre ou de l'hôpital avec lequel est établie une convention, en présence d'un technicien équipé de matériel de mesure (si possible celui ayant été utilisé pour les mesures initiales).

Le niveau de l'activité éliminée, mesurée sur les tissus réséqués et sur les compresses, la diminution de l'activité dans la plaie mais aussi le souci de la sauvegarde fonctionnelle guident le geste chirurgical. Le fragment excisé sera conservé pour analyse radiotoxicologique.

L'intervention va mobiliser une partie du Pu de la plaie vers le sang. C'est pourquoi, l'excision se fera sous perfusion de DTPA : 1 g passé en 15 minutes s'il n'y pas déjà eu d'injection dans la journée ou 500 mg si une injection a déjà été faite dans les 24 h.

Selon la convention établie avec le centre hospitalier, un agent SPR et un infirmier ou un médecin du SST accompagnent le blessé.

1.4. Exclusion de travail en zone à risque de contamination

Elle est systématique jusqu'à complète cicatrisation.

Elle sera prolongée, dans le cas où les examens radiotoxicologiques orientent vers une dose engagée.

1.5. Prescriptions des examens radiotoxicologiques

L'estimation dosimétrique et la conduite du traitement reposent sur l'interprétation des résultats urinaires des 24 heures. La nécessité d'un recueil rigoureux doit être expliquée au patient (uriner si besoin, puis débiter le recueil de la totalité des urines pendant 24 heures précises).

- Urines :
 - urines de 24 h à J1, J2, J3,
 - urines de 24 h avant et après chaque injection,
 - puis à distance des injections, autant que besoin, en sachant que la répétition des examens facilite l'estimation dosimétrique.
- Selles : l'examen radiotoxicologique des selles n'est pas systématique.

Il est prescrit dans le doute d'une inhalation concomitante, ou dans le cas de contamination de fort niveau pour vérifier la pertinence du modèle d'interprétation utilisé (cycle entéro-hépatique).

1.6. Poursuite et arrêt du traitement

Le traitement est interrompu, dès que les résultats urinaires traduisent l'absence d'un passage systémique pouvant conduire à retenir une dose. Ce sont les cas les plus fréquents.

Dans les autres cas, le traitement est prolongé 3 mois, selon le niveau d'excrétion des premiers jours, en prenant en compte le facteur théorique de 50 pour l'efficacité du DTPA. Ce facteur peut varier de 1 à 100 et ne pourra être défini qu'après un arrêt suffisamment prolongé du traitement (3 à 4 semaines au moins), en réalisant une mesure urinaire avant et après DTPA.

Selon l'estimation de cette efficacité et du gain dosimétrique obtenu, on pourra décider de la reprise du traitement ou de son arrêt définitif.

Si la mise en route du traitement se fait selon des critères définis, son arrêt repose sur l'analyse et l'interprétation des résultats radiotoxicologiques.

La décision d'arrêt du traitement se fera :

- si les résultats urinaires sont inférieurs aux limites de détection.
- lorsque les points d'excrétion urinaire, à distance des injections de DTPA (au moins 20 jours), sont stabilisés dans un même ordre de grandeur et rejoignent la courbe du modèle sans traitement.

En effet, la charge tissulaire (à l'origine de la dose) n'est pas modifiée par le traitement. La quantité excrétée dans les urines est liée au mode recyclant (des organes de dépôt vers le sang et du sang vers les organes de dépôt) dans une fraction extrêmement faible. De ce fait, la poursuite du traitement ne se justifie plus.

Il peut être difficile de faire accepter l'arrêt du traitement au patient et à son entourage, notamment, lorsqu'une augmentation de l'excrétion persiste le lendemain de l'injection de DTPA, sans réel gain dosimétrique : « effet chasse d'eau ».

Cet effet « purge » du chélateur, observé sur les analyses d'urines après injection de DTPA, est d'autant plus marqué que les injections sont plus espacées, du fait de la recharge du compartiment systémique. Mais cette élimination étant infime par rapport à la charge corporelle stabilisée, elle n'apporte pas de réel gain dosimétrique (Piechowski *et al.*, 2003).

Il existe très peu de contre-indications et d'effets secondaires au DTPA, en dehors d'une allergie au produit (exceptionnelle), qui doit conduire à une certaine vigilance lors de l'injection. Une contre-indication à cette utilisation doit remettre en question l'aptitude à un poste exposé au risque de contamination par les actinides (Grappin *et al.*, 2006).

2. Traitement des contaminations par inhalation

2.1. Définition

Cette circonstance se définit sur des critères de suspicion et sur des éléments objectifs.

Le SPR adresse ou signale au SST tout agent suspect d'inhalation lors d'un incident ou d'un contrôle en sortie de zone :

- contamination atmosphérique ou surfacique,
- contamination détectée lors du contrôle :
 - cutané : tête, corps,
 - vêtements, masque.

Dans les circonstances ci-dessus, la suspicion de contamination interne par inhalation est définie par le SPR, selon ses critères. Il est important que le médecin les connaisse.

Comme pour le cas précédant l'existence d'une fiche de liaison à transmission rapide (fax) permet au médecin d'être informé des circonstances de la contamination dans le délai le plus bref.

2.2. Évaluation de la contamination par inhalation

2.2.1. Données du SPR

- Les circonstances : contrôle systématique ou incident, date et durée d'exposition, port de protection des voies respiratoires, type d'intervention...
- L'importance de la contamination (atmosphérique, surfacique, cutanée, vestimentaire) et sa localisation.
- La forme physico-chimique, la composition isotopique.

Le niveau de concentration atmosphérique est exprimé en RCA (repère en concentration atmosphérique).

- 1 RCA susceptible de correspondre à une dose efficace de 25 micro-sieverts pour une heure.
- 80 RCA susceptibles de correspondre à une dose efficace de à 2 mSv, soit 1/10^e de la limite annuelle.
- 800 RCA susceptibles de correspondre à une dose efficace de 20 mSv, soit la limite annuelle.

2.2.2. Examens initiaux

Le médecin en fonction des circonstances est amené à prescrire des examens directs et indirects qui vont avoir pour objectif de :

- évaluer l'exposition interne,
- mettre en place si nécessaire un traitement chélateur,
- établir un bilan dosimétrique (Piechowski et Menoux, 1984).

Ces prescriptions comprennent des examens directs et indirects immédiats qui seront répétés si la contamination interne est objectivée.

Ces examens, dont les résultats sont disponibles rapidement, permettent d'orienter la décision thérapeutique et la prise en charge.

Le prélèvement de mucus nasal (PN)

- Par frottis ou « drapeaux » (petit rectangle de papier filtre monté sur un bâtonnet).
- Par mouchage ou « kleenex ».

Lorsqu'il est supérieur à la limite de détection, il témoigne de la contamination au niveau nasal, sans préjuger de la contamination pulmonaire associée.

Le spectre granulométrique des poussières inhalées, joue un rôle important quant à la distribution dans l'arbre respiratoire, notamment dans les narines.

Pour une très fine granulométrie (de l'ordre de 0,1 micron), le dépôt narinaire peut être faible (3 %).

La technique du prélèvement doit être rigoureuse, car il peut être contaminé par les mains.

Ces mesures donnent une information essentiellement qualitative : positives au dessus de la limite de détection, négatives au dessous. Cependant une forte activité peut être un élément d'information pour le médecin.

L'analyse du drapeau peut être très rapide. L'analyse du mouchoir est plus longue, mais elle permet une mesure isotopique du contaminant.

Si le laboratoire fournit un résultat quantitatif, un seuil d'action pour le traitement doit alors être fixé dans les protocoles SST.

L'anthroporadiométrie X thoracique

Elle mesure l'émission des raies X et de ce fait principalement l'américium. Elle sera d'autant plus sensible, que le contaminant est riche en américium.

Lorsque le rapport Pu/Am est connu, elle permet d'estimer un niveau de contamination, de se situer par rapport aux limites réglementaires et de décider du traitement.

En cas de résultat supérieur à la limite de détection, deux hypothèses doivent être prises en compte :

- une contamination externe isolée ou associée,
- un passage digestif direct (mesure de la charge gastrique).

Dans les cas de contamination par mélange de radionucléides émetteurs gamma et alpha, l'anthroporadiométrie gamma permet une évaluation de la contamination, du fait de son seuil de détection bas. Il est nécessaire alors d'avoir des informations

sur le mélange et les isotopes (SPR). De ce fait, dans certains cas, le retour d'expérience peut permettre de s'affranchir d'une anthroporadiamétrie X et de se limiter à une mesure gamma.

Dans quelques cas, les anthroporadiamétries supérieures aux limites de détection sont dues à une séquestration pulmonaire de particules, inaccessible au traitement avec absence d'élimination urinaire, la dose étant locale pulmonaire.

Le médecin prescrira également selon les circonstances des examens indirects : examens radiotoxicologiques sur excréta, selles et urines. Ces examens, plus sensibles, permettent de détecter de très faibles niveaux d'incorporation mais leurs résultats sont différés dans le temps.

2.3. Traitement

2.3.1. Traitement intraveineux (IV)

On pratique une IV lente d'une demi-ampoule de DTPA, soit 0,5 g la solution à 25 %.

Pour mémoire ce traitement est préventif devant toute suspicion d'inhalation.

- Il est mis en œuvre d'emblée, dans au moins un des 3 cas suivants :
 - prélèvement de mucus nasal : drapeau « positif » ou mouchoir au-dessus du seuil fixé, préalablement par le SST,
 - anthroporadiamétrie « positive » après décontamination cutanée,
 - niveau atmosphérique estimé d'emblée très important (explosion, aspersion...), sans port de masque (celui-ci protège classiquement d'un facteur 100, sous réserve d'une bonne étanchéité).
- Devant un PN « négatif » et une anthroporadiamétrie « négative », ou en l'absence de ces examens, une injection pourra être prescrite, en cas de concentration atmosphérique élevée, susceptible d'entraîner une contamination interne.

Le nombre de 80 RCA peut être choisi comme niveau de référence pour traiter.

Toutefois, celui-ci peut être fixé dans chaque SST et il est recommandé de l'évaluer périodiquement.

En l'absence de ces indicateurs, le médecin peut décider de traiter en cas de doute (prise en charge retardée, incertitude sur le port du masque...).

2.3.2. Le traitement par turbo inhalateur

La poudre micronisée de DTPA ne possède pas d'AMM et n'a pas fait la preuve de son efficacité. Néanmoins, à ce jour, des recherches sont en cours et cette forme simple d'utilisation pourrait retrouver son intérêt, notamment pour un usage collectif rapide.

2.3.3. Autres voies

Le traitement par nébulisation de DTPA (aérosol utilisant la forme liquide) n'est pas employé en France et mériterait d'être développé. Il permettrait d'utiliser la solution injectable pour la nébulisation. Cette utilisation n'a pas été évaluée et l'AMM ne concerne actuellement que la voie IV.

Le traitement per os n'a pas été développé.

2.3.4. Traitements adjuvants

Les expectorants bronchiques (N acétyl carbocystéine) et les accélérateurs du transit intestinal ont pu être proposés, mais n'ont pas été évalués.

2.4. Exclusion de travail en zone à risque de contamination

Elle permet de s'affranchir d'une nouvelle contamination qui rendrait difficile l'évaluation dosimétrique du premier incident.

Elle peut être prescrite selon le niveau de contamination.

À titre d'exemple, on peut proposer :

- pas d'exclusion si :
 - $PN < \text{à la LD}$,
 - et anthroporadiamétrie $X < \text{à la LD}$,
 - et ambiance de travail $< 4 \text{ RCA}$ (susceptible de correspondre à une dose efficace de $0,1 \text{ mSv}$) ;
- exclusion pendant la durée des prélèvements si :
 - anthroporadiamétrie $X < \text{à la LD}$,
 - et/ou ambiance de travail entre 4 et 40 RCA (susceptible de correspondre à une dose efficace de 1 mSv) ;
- exclusion jusqu'aux premiers résultats radiotoxicologiques si :
 - anthroporadiamétrie $> \text{LD}$,
 - et/ou ambiance de travail $> 40 \text{ RCA}$.

En fonction de ces résultats, cette exclusion peut être prolongée.

Chaque centre évaluera les niveaux retenus en fonction des postes de travail.

En cas de port de masque de protection respiratoire lors de l'incident, le nombre de RCA peut être divisé par 100.

Si certaines données sont manquantes, la situation la plus pessimiste sera prise en compte *a priori*, le médecin décidera de l'exclusion ou non et de sa durée.

2.5. Prescriptions des examens radiotoxicologiques

L'intérêt de ces examens, l'importance de la qualité des prélèvements et la nécessité de les répéter doivent être expliqués au salarié pour obtenir une bonne participation.

Selles de 24 heures

Une par jour pendant 3 jours, à renouveler éventuellement à partir du dixième jour (fin de la phase d'élimination rapide) si elles sont positives, pour s'affranchir d'un éventuel passage digestif direct.

Elles permettent de préciser l'épuration muco-ciliaire bronchique associée éventuellement à un passage digestif direct et ultérieurement l'éventualité d'un cycle entéro-hépatique.

Urines de 24 heures : J1, J3 et J10

Les urines de 24 heures permettent d'objectiver le passage systémique pour procéder à l'évaluation dosimétrique.

La méconnaissance des caractéristiques physico-chimiques et les variations physiologiques individuelles nécessitent de disposer d'un nombre suffisant de résultats.

Si l'on poursuit les injections de DTPA, il est pertinent de prescrire des prélèvements urinaires de 24 h, avant et après chacune d'elles. Ceci permettra de juger ultérieurement de l'efficacité de l'injection à condition que les injections soient espacées d'au moins 5 jours.

Dans les cas où l'on peut penser que l'inhalation n'aura pas d'impact dosimétrique, on peut s'affranchir de la prescription des urines. Il est intéressant que cela repose sur des critères définis selon chaque centre et selon les installations d'après le retour d'expérience (par exemple $PN < LD$ et $anthroporadiamétrie < LD$ et $RCA < 4$).

Anthroporadiamétrie pulmonaire X

À renouveler, si la première est au-dessus des limites de détection.

Pour l'interprétation des résultats, le médecin prendra en compte des paramètres tels que le volume urinaire, la créatininurie et le poids de cendres des selles pour juger de la représentativité du prélèvement. Les valeurs suivantes sont proposées, en référence : diurèse des 24 heures comprise entre 0,5 et 2 litres, créatinine urinaire comprise entre 1 g à 2,5 g par litre, volume de cendres supérieur ou égal à 1 g.

2.6. Poursuite et arrêt du traitement, surveillance ultérieure, évaluation

Après la première injection :

- dans les inhalations avec probabilité de calcul de dose engagée (anthroporadiamétrie > LD, PN > LD, urines > LD ou niveau atmosphérique élevé > 80 RCA avec temps d'exposition important), le schéma proposé pour le traitement des plaies contaminées, peut être appliqué ;
- dans les autres cas, on décidera de la poursuite du traitement selon les résultats des excréta.

Les tableaux présentés dans le rapport CEA-R-6097 (Grappin *et al.*, 2006), exposent les gains dosimétriques théoriques, liés au traitement préventif poursuivi au long cours. Ils mettent en évidence qu'en présence d'une forme physicochimique d'excrétion théorique faible, de l'ordre de 10^{-6} pour les formes oxydes (ICRP, 1998), l'augmentation de l'excrétion liée au traitement restera faible.

Cependant, en pratique, le comportement du radiocontaminant n'est pas réellement connu et le traitement mérite d'être mis en œuvre selon les critères proposés plus haut.

Le gain dosimétrique est lié à l'efficacité du traitement. Celle-ci est évaluée en comparant la courbe d'excrétion avec traitement et celle sans traitement depuis au moins 3 semaines

Comme pour le traitement de la plaie, la décision de l'arrêt du traitement s'appuie sur l'évolution de l'élimination urinaire. Il faut prendre en compte les résultats de l'excrétion urinaire avant et après DTPA et la stabilisation des résultats urinaires avant DTPA. Ceux-ci ne dépendent en effet que du mode recyclant. Les résultats après DTPA sont influencés par l'effet « purge » des injections et cela d'autant plus que l'espace entre les injections est plus grand. Cette élimination étant infime par rapport à la charge corporelle stabilisée, elle n'apporte pas de réel gain dosimétrique et ne peut justifier la poursuite du traitement chélateur.

RÉFÉRENCES

- Blanchin N., Desloires S., Grappin L., Guillermin A.-M., Lafon P., Miele A. (2004) Protocoles de prise en charge des incidents d'expositions internes au plutonium dans un service médical d'installation nucléaire de base : Elaboration, mise en place, évaluation, validation de 1996 à 2002, *Radioprotection* **39**, 59-75.
- Décret (2003) n° 2003-295 du 31 mars 2003 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.
- Grappin L., Bérard P., Ménétrier F., Carbone L., Courtay C., Castagnet X., Le Goff J.P., Néron M.O., Beau P., Piechowski J. (2006) Exposition aux actinides Bilan des injections de Ca-DTPA dans les centres CEA-COGEMA, Rapport CEA-R-6097 CEA Saclay, Gif sur Yvette.
- Grappin L., Bérard P., Ménétrier F., Carbone L., Courtay C., Castagnet X., Le Goff J.P., Néron M.O., Beau P., Piechowski J. (2007) Exposure to actinides: report on Ca-DTPA injections in CEA-AREVA Centres, *Radioprotection* **42**, 163-196.
- ICRP Publication 78 (1998) Individual monitoring for internal exposure of workers, *Ann. ICRP* **27**.
- ISO (2006) Norme ISO 20553 Surveillance professionnelle des travailleurs exposés à un risque de contamination interne par des matériaux radioactifs (juillet 2006).
- JORF (2003) Arrêté du 1^{er} septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants. Journal Officiel de la République Française.
- Piechowski J., Menoux B. (1984) Rétention et excrétion des radionucléides après incorporation par inhalation chez l'homme adulte, rapport CEA-R-5266, CEA Saclay, Gif-sur-Yvette.
- Piechowski J., Menoux B., Chaptinel Y. (1992) Evaluation de l'exposition systémique résultant d'une blessure contaminée par des produits radioactifs, rapport CEA-R-5583, CEA, Saclay, Gif-sur-Yvette.
- Piechowski J., Menoux B., Miele A., Grappin L., Guillermin A., Fottorino R., Ruffin M. (2003) Implication du médecin du travail et le l'expert dans la gestion et la dosimétrie d'un incident de contamination : exemple d'une plaie contaminée par le plutonium, *Radioprotection* **38**, 29-50.