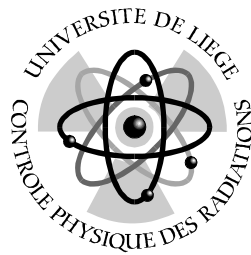


FICHES DE RADIOPROTECTION

DONNEES ESSENTIELLES NECESSAIRES A LA MISE EN OEUVRE DE LA RADIOPROTECTION



UNIVERSITE DE LIEGE

Contrôle Physique des Radiations

Allée du 6 Août n°3

Bâtiment B12B

4000 SART TILMAN - LIEGE

A. SMONS

Chargé de cours adj.

2002

FICHES DE RADIOPROTECTION.

Ces fiches de radioprotection sont destinées aux préposés à la surveillance et au personnel professionnellement exposé, travaillant dans les zones contrôlées.

Les fiches de radioprotection regroupent les données nucléaires des principaux isotopes utilisés tant dans le domaine de la recherche scientifique que dans le domaine médical.

Les données essentielles nécessaires à la mise en oeuvre de la radioprotection en cas d'utilisation de radioisotopes en sources non scellées figurent dans ces fiches.

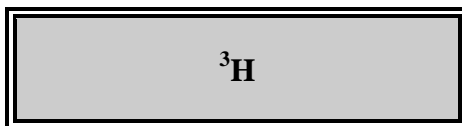
Des informations complémentaires sur les principes de radioprotection et la législation figurent dans la brochure de radioprotection : les radioisotopes.

En cas de besoin, l'utilisateur s'adressera au Service de Contrôle Physique des Radiations (Tél : 04/366.22.01).

Nous remercions anticipativement tous ceux qui voudront bien nous aider en nous signalant toute erreur, manquement ou oubli, en vue d'y remédier dans la prochaine édition.

A. SMONS

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Emetteur β^- de très faible énergie, le tritium est un des radionucléides les plus utilisés en recherche biologique et médicale.

Période	12,34 ans
Rayonnement	β^-
Energie β^- max MeV	0,0186
Energie β^- moy MeV	0,0057
Comptage externe	Scintillation liquide
Comptage interne	Urines
Période effective	± 12 jours *
Organe cible	Corps entier
Parcours dans l'air	6 mm
Ecran de protection	-

* Dans le cas de molécules marquées, le ^3H suit le cycle métabolique de celles-ci ou, en cas de dégradation, de la fraction qui le renferme. La période effective est différente de 12 jours, dans le cas de la thymidine elle est de 190 jours.

RECOMMANDATIONS.

Irradiation externe.

Etant donné la faible énergie des rayonnements émis par le ^3H , les **doses de radiations β^-** , qui peuvent être reçues, lors de manipulations avec des activités inférieures à 370 MBq, sont **négligeables**.

- * Le port du dosimètre film-badge par le personnel est inutile puisque les rayonnements β^- émis ne traversent pas les enveloppes de protection du film dosimétrique.
- * Le verre des récipients ou les matières plastiques (matériel à jeter après usage) contenant les solutions actives, assurent **l'absorption complète** du rayonnement β^- émis par le ^3H .
- * Le travail avec le ^3H ne demande donc vis à vis de l'irradiation externe aucune protection spéciale (les moyens habituels de protection contre la contamination externe sont utilisés : blouse de laboratoire, gants de protection).
- * Le ^3H à cause de la très faible énergie des rayonnements β^- émis, ne peut être détecté directement à l'aide des détecteurs habituels ; il est donc particulièrement recommandé de travailler avec soin, de manière à conserver les surfaces de travail exemptes de contamination. Le seul procédé valable de détection des contaminations consiste à pratiquer sur les surfaces de travail, dans les réfrigérateurs, sur les instruments de travail utilisés, des lavis (ouate hydrophile + éthanol), le solvant du lavis sera compté en scintillation liquide.

Contamination et irradiation interne.

La contamination externe des mains, si elle n'entraîne pas de risque d'irradiation, dans le cas du ^3H , peut entraîner une contamination interne, de loin beaucoup plus dangereuse, selon le type de molécule marquée utilisée.

Une molécule organique marquée, du type acide aminé (thymidine par exemple), ingérée, peut être incorporée ou entraînée dans un processus métabolique.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	eau tritiée	$1,8 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
	^3H élémentaire	$1,8 \cdot 10^{-15}$ Sv/Bq
	^3H composé organique	$4,1 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
par ingestion	eau tritiée – $f_1 = 1,000$	$1,8 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
eau tritiée	F	$2,0 \cdot 10^6$ Bq/m ³
	M	$2,7 \cdot 10^5$ Bq/m ³
	S	$4,8 \cdot 10^4$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

la contamination cutanée n'entraîne aucun risque d'irradiation externe, mais on trouve, par contre, un risque important de contamination interne.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle à mettre en oeuvre est la mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 100 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $55 \cdot 10^3$ Bq/l (eau tritiée) à ne pas atteindre, un facteur 100 est recommandé pour les molécules marquées (thymidine) < 550 Bq/l.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

- * Dans le cas d'une contamination radioactive, il est essentiel de limiter le plus rapidement possible l'étendue de celle-ci.

Une contamination par le ^3H n'est pas repérable par un détecteur, la seule attitude est de prendre les précautions suivantes :

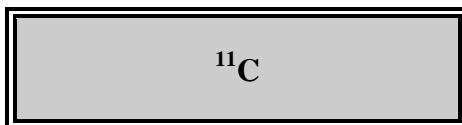
- limiter dès que possible l'étendue visible de la contamination en épongeant au mieux celle-ci ;
- délimiter la zone suspecte et procéder à la décontamination ;
- en fin de décontamination, procéder à des lavis de contrôle afin de s'assurer de l'absence de contamination résiduelle.

- * Si une contamination radioactive de personne est suspectée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

- * Un contrôle urine doit être réalisé en suite à toute contamination accidentelle de personne, dans ce cas prendre contact avec le SUCPR .

*Université de Liège
Contrôle physique des
radiations*



Période	20,38 minutes
Rayonnements	β^+ , γ
Energie β^+ max MeV	0,960 (99,8%)
Energie β^+ moy MeV	0,386
Energie γ MeV	0,511 * (199,6%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	\approx 20 minutes
Organe cible	Graisse
Débit de dose γ à 1 m	1,65 $\mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	\approx 5 mm plomb

* Deux rayonnements γ de 0,511 MeV émis à 180°, en suite au phénomène d'annihilation de l'e⁺ en fin de parcours.

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiocarbone ^{11}C , dû à l'énergie des rayonnements β^+ et γ émis.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^+ , il faut 1,5 mm de verre ou 2,9 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 5 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection, donne un débit de dose γ :

à 1 cm 611 mGy/h

à 10 cm 6,1 mGy/h

Au **contact** des flacons de verre contenant la solution radioactive, les débits de dose β^+ sont moindres, du fait de l'autoabsorption par la source volumique et l'atténuation partielle des β^+ par le verre du flacon, il ne faut pas perdre de vue que l'atténuation des β^+ s'accompagne de l'émission de photons d'annihilation de 0,511 MeV.

Contamination et irradiation interne.

Etant donné la grande énergie des rayonnements β^+ et γ émis lors de la désintégration du ^{11}C , des contaminations de l'ordre de 37 kBq peuvent délivrer des doses significatives aux personnes contaminées.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	monoxyde	$1,2 \cdot 10^{-12}$ Sv/Bq
	dioxyde	$2,2 \cdot 10^{-12}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$2,4 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$11,3 \cdot 10^5$ Bq/m ³
	M	$6,9 \cdot 10^5$ Bq/m ³
	S	$6,9 \cdot 10^5$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal : f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 72 mSv/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^+ , une décontamination rapide s'impose.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $42 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Déchets gazeux : le rejet de ^{11}C sous forme de gaz est permis pour une concentration, au point d'émission dans l'atmosphère, inférieure à $4 \cdot 10^5$ Bq/m³ pour le CO et de $2 \cdot 10^5$ Bq/m³ pour le CO₂, toute concentration supérieure doit être conservée pour décroissance, avant rejet dans l'atmosphère.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{11}C , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (\approx 4 heures), il subsiste le $1/1000^{\text{eme}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{11}C , émetteur β^+ et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^+ du ^{11}C : $\pm 40\%$

1 cps $\approx 2,5$ Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps $\approx 0,4$ Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{11}C : $\pm 5\%$

1 cps ≈ 20 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

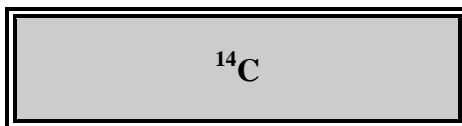
1 cps $\approx 2,5$ Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Emetteur β^- de faible énergie, le ^{14}C est un des radionucléides les plus utilisés en recherche biologique et médicale.

Période	5730 ans
Rayonnements	β^-
Energie β^+ max MeV	0,1565
Energie β^+ moy MeV	0,049
Comptage externe	Geiger-Müller
Comptage interne	Urines
Période effective	10 jours
Organe cible	Graisse
Débit de dose γ à 1 m	24 cm
Ecran de protection CDA	0,4 mm plexiglas

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Contamination et irradiation interne.

La contamination externe des mains entraîne un risque d'irradiation, et peut entraîner une contamination interne, de loin beaucoup plus dangereuse, selon le type de molécule marquée utilisée.

Sous forme de CO₂, il ne provoque que peu de contamination interne, du fait qu'au niveau du poumon, l'échange se fait dans le sens sang-air.

Sous forme de molécules marquées, le ¹⁴C suit le devenir métabolique de la molécule en cause ; en général, le métabolisme aboutit à la formation de CO₂, une faible proportion peut s'incorporer en chaînons dans des structures à renouvellement particulièrement lent (collagène par exemple).

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	monoxyde	1,2.10 ⁻¹² Sv/Bq
	dioxyde	6,2.10 ⁻¹² Sv/Bq
par ingestion	f ₁ = 1,000	5,8.10 ⁻¹⁰ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	6,2.10 ⁴ Bq/m ³
	M	62.10 ² Bq/m ³
	S	22.10 ² Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f₁

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 12 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β⁻.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle à mettre en oeuvre est la mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 10 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $1,7 \cdot 10^3$ Bq/l (molécules organiques marquées), à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

* Dans le cas d'une contamination radioactive, il est essentiel de limiter le plus rapidement possible l'étendue de celle-ci, dans le cas d'une telle contamination, on peut localiser la surface contaminée à l'aide d'un détecteur adéquat.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur Geiger-Müller de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{14}C - ^{35}S : $\pm 20\%$

1 cps \approx 5 Bq pour une surface de $\pm 6 \text{ cm}^2$

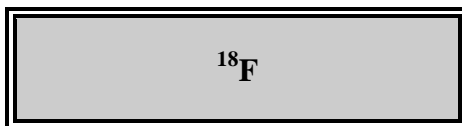
1 cps \approx 0,8 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Un contrôle urine doit être réalisé en suite à toute contamination accidentelle de personne, dans ce cas prendre contact avec le SUCPR .

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Période	1,83 heures
Rayonnements	β^+ , γ
Energie β^+ max MeV	0,6335 (96,8%)
Energie β^+ moy MeV	0,249
Energie γ MeV	0,511 * (194%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	1,87 heures
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	0,160 $\mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	\approx 5 mm plomb

* Deux rayonnements γ de 0,511 MeV émis à 180° , en suite au phénomène d'annihilation de l' e^+ en fin de parcours.

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiofluor 18, dû à l'énergie des rayonnements β^+ et γ émis.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^+ , il faut 0,9 mm de verre ou 1,7 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 5 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection, donne un débit de dose γ :

à 1 cm 59,2 mGy/h

à 10 cm 592 μ Gy/h

Au **contact** des flacons de verre contenant la solution radioactive, les débits de dose β^+ sont moindres, du fait de l'autoabsorption par la source volumique et l'atténuation partielle des β^+ par le verre du flacon, il ne faut pas perdre de vue que l'atténuation des β^+ s'accompagne de l'émission de photons d'annihilation de 0,511 MeV.

Contamination et irradiation interne.

Etant donné l'énergie des rayonnements β^+ et γ émis lors de la désintégration du ^{18}F , des contaminations de l'ordre de 37 kBq peuvent délivrer des doses significatives aux personnes contaminées.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	F	$5,4 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
	M	$8,9 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
	S	$9,3 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$4,9 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$4,5 \cdot 10^5$ Bq/m ³
	M	$2,2 \cdot 10^5$ Bq/m ³
	S	$2,1 \cdot 10^5$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 72 mSv/h à l'épiderme, dû à l'émission du rayonnement β^+ , une décontamination rapide s'impose.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $20 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

Déchets gazeux : le rejet de ^{18}F sous forme de gaz est permis pour une concentration, au point d'émission dans l'atmosphère, inférieure à $2 \cdot 10^4$ Bq/m³, toute concentration supérieure doit être conservée pour décroissance, avant rejet dans l'atmosphère.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{18}F , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (\approx 19 heures), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{18}F , émetteur β^+ et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^+ du ^{18}F : $\pm 35 \%$

1 cps \approx 3 Bq pour une surface de $\pm 6 \text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,5 Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

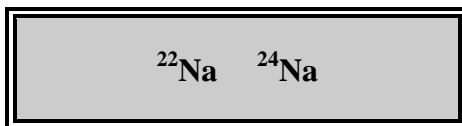
* Rendement pour les γ du ^{18}F : $\pm 5 \%$

1 cps \approx 3 Bq pour une surface de $\pm 8 \text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,5 Bq/cm²

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



	^{22}Na	^{24}Na
Période	2,6 ans	14,96 heures
Rayonnements	β^+ , γ	β^- , γ
Energie β max MeV	0,5455 (90%)	1,390 (100%)
Energie β moy MeV	0,216	0,554
Energie γ MeV	0,511* (180%) 1,274 (100%)	1,368 (100%) 2,754(100%)
Comptage externe	Geiger-Müller NaI.Tl	Geiger-Müller NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre Urines	Anthropogammamètre Urines
Période effective	11 jours	14 heures
Organe cible	Corps entier	Corps entier
Débit de dose γ à 1 m	0,34 $\mu\text{Gy/h.MBq}$	0,511 $\mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	1,1 cm plomb	1,8 cm plomb

* Deux rayonnements γ de 0,511 MeV émis à 180°, en suite au phénomène d'annihilation de l'e⁺ en fin de parcours.

^{22}Na **RECOMMANDATIONS.****Irradiation externe.**

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de sodium 22, dû à l'énergie des rayonnements β^+ et γ émis.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^+ , il faut 0,7 mm de verre ou 1,4 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 11 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection, donne un débit de dose γ :

à 1 cm	126 mGy/h
à 10 cm	1,26 mGy/h

Au **contact** des flacons de verre contenant la solution radioactive, les débits de dose β^+ sont moindres, du fait de l'autoabsorption par la source volumique et l'atténuation partielle des β^+ par le verre du flacon, il ne faut pas perdre de vue que l'atténuation des β^+ s'accompagne de l'émission de photons d'annihilation de 0,511 MeV.

Contamination et irradiation interne.

Etant donné la grande énergie des rayonnements β^+ et γ émis lors de la désintégration du ^{22}Na , des contaminations de l'ordre de 37 kBq peuvent délivrer des doses significatives aux personnes contaminées.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	F	$2,0 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$3,2 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$96 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 62 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^+ , une décontamination rapide s'impose.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 0,1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,31 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

^{24}Na **RECOMMANDATIONS.****Irradiation externe.**

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de sodium 24, dû à l'énergie des rayonnements β^- et γ émis.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 2,5 mm de verre ou 4,7 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 18 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection, donne un débit de dose γ :

à 1 cm 189 mGy/h

à 10 cm 1,89 mGy/h

Au **contact** des flacons de verre contenant la solution radioactive, les débits de dose β^- sont moindres, du fait de l'autoabsorption par la source volumique et l'atténuation partielle des β^- par le verre du flacon.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que les interactions des rayonnements β^- avec la matière génèrent des photons de freinage (Bremsstrahlung).

Contamination et irradiation interne.

Etant donné la grande énergie des rayonnements β^- et γ émis lors de la désintégration du ^{24}Na , des contaminations de l'ordre de 37 kBq peuvent délivrer des doses significatives aux personnes contaminées.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	F	$5,3 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$4,3 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$46 \cdot 10^3$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 82 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badger ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $2,3 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{24}Na , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (10 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Détection du ^{22}Na : émetteur β^+ et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

- * Rendement pour les β^+ du ^{22}Na : $\pm 25\%$

- 1 cps \approx 4 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

- 1 cps \approx 0,7 Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

- * Rendement pour les γ du ^{22}Na : $\pm 5\%$

- 1 cps \approx 20 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

- 1 cps \approx 2,5 Bq/cm²

Détection du ^{24}Na : émetteur β^- et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

- * Rendement pour les β^- du ^{24}Na : $\pm 50\%$

1 cps \approx 2 Bq pour une surface de $\pm 6 \text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,3 Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{24}Na : $\pm 4 \%$

1 cps ≈ 25 Bq pour une surface de $\pm 8 \text{ cm}^2$

1 cps $\approx 3 \text{ Bq/cm}^2$

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Le sodium se répartit chez l'homme dans les liquides extracellulaires pour 58 %, dans les liquides intracellulaires pour 9 % et dans le squelette pour 33 %.

* En cas de contamination interne, le seul traitement envisageable reste la dilution isotopique, avec, pour le sodium, des limites rapidement atteintes. Une dose importante de NaCl pendant plusieurs jours (52 g/jour) pourrait réduire l'irradiation due au ^{22}Na de 96 %, celle due au ^{24}Na de 50 %.

Il est évident qu'un tel traitement n'est envisageable que sous contrôle médical strict et chez un travailleur présentant un bon état vasculaire et rénal.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

^{28}Mg

Période	21,3 heures
Rayonnements	β^- , γ
Energie β^- max MeV	0,45 (100%) + 2,87 (100%)
Energie β^- moy MeV	$\approx 1,25$
Energie γ MeV	0,031 (96 %), 1,35 (70%), 0,95 (30%), 0,40 (30%) + 1,78 (100%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	± 1 jour
Organe cible	Os
Débit de dose γ à 1 m	0,439 $\mu\text{Gy/h.MBq}$ ($^{28}\text{Mg} + ^{28}\text{Al}$)
Ecran de protection CDA	1,6 cm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiomagnésium 28 risque dû à l'énergie des rayonnements β^- et γ du ^{28}Mg et de son descendant ^{28}Al .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Si les substances radioactives doivent être stockées dans des réfrigérateurs, les conteneurs de plomb ayant servi au transport sont de bons moyens de protection.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	162 mGy/h
à 10 cm	1,6 mGy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	F	$1,1 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
	M	$1,7 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,500$	$2,2 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$21 \cdot 10^3$ Bq/m ³
	M	$10,4 \cdot 10^3$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,45 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{28}Mg , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (9 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{eme}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{28}Mg , émetteur β^- et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du $^{28}\text{Mg}/^{28}\text{Al}$: ± 55 %

1 cps \approx 1,8 Bq pour une surface de ± 6 cm²

1 cps \approx 0,3 Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du $^{28}\text{Mg}/^{28}\text{Al}$: ± 2 %

1 cps \approx 50 Bq pour une surface de ± 8 cm²

1 cps \approx 6 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

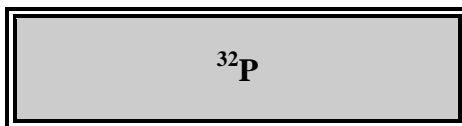
Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* La destinée du magnésium, analogue du calcium (alcalino-terreux), dans l'organisme est identique à celle du calcium.

La seule thérapeutique envisageable est la dilution isotopique, on ne peut alors qu'administrer du Mg sous des formes classiques en pharmacologie.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Le phosphore 32 est le radioisotope β^- le plus énergétique utilisé communément en recherche, son utilisation en biologie moléculaire est devenue extrêmement importante par l'intermédiaire des nucléotides marqués de haute activité spécifique.

Période	14,28 jours
Rayonnement	β^-
Energie β^- max MeV	1,710 (100%)
Energie β^- moy MeV	0,696
Comptage externe	Geiger-Müller
Comptage interne	Urines
Période effective	14 jours
Organe cible	Os
Parcours dans l'air	7,2 m
Ecran de protection	1 cm plexiglas *

* Pour des activités ≥ 370 MBq un écran de Pb doit être additionné à l'écran de plexiglas afin d'absorber les photons de freinage produits dans le matériau léger.

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Activité \leq 37 MBq

Irradiation externe.

Dans de nombreux laboratoires, les activités mises en jeu sont de l'ordre de 10 Mbq, de ce fait, les risques d'irradiation externe sont limités. Il ne faut cependant pas perdre de vue l'irradiation des mains.

Certaines techniques de marquage in vitro de DNA, réalisées à l'aide de nucléotides ^{32}P sont effectuées dans des tubes à essai à microcentrifugation "Eppendorf".

Des mesures réalisées à l'aide de dosimètres thermoluminescents LiF, sur des activités de 1 MBq dans 0,1 ml de solution contenus dans des tubes "Eppendorf" donnent les résultats suivants (réf .HHSC Handbook n° 9, 1992) :

Distance (cm)	Débit de dose $\mu\text{Sv}/\text{min}$
0,29	1.444
10	4,67
20	1,25
30	0,58
40	0,25
50	0,17

Il ressort clairement de ce tableau, les gants n'offrant aucune protection contre l'irradiation, que la manipulation "à la main" peut entraîner des doses non négligeables, et qu'une dosimétrie extrémités est souhaitable pour surveiller le niveau d'irradiation des mains.

L'irradiation totale du manipulateur est très faible, elle sera encore réduite si les manipulations sont réalisées derrière un écran de plexiglas (1 cm d'épaisseur).

Activité \geq 37 MBq

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation du radiophosphore 32, risque dû à l'énergie du rayonnement β^- .

Des mesures effectuées à l'aide de dosimètres thermoluminescents (LiF) au contact de tubes "Eppendorf", ont montré que la dose au contact peut atteindre **50 mSv/min.37 MBq**.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 3,3 mm de verre ou 6,2 mm de plexiglas.

Les interactions des rayonnements β^- avec la matière sont optimales avec les matériaux légers (plexiglas, verre, aluminium...) ; généralement pour des raisons de commodité, on utilise comme moyen de protection des écrans de plexiglas, un écran de plexiglas de 1 cm d'épaisseur arrêtera tous les rayonnements β^- émis par la source.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que les interactions des rayonnements β^- avec la matière génèrent des photons de freinage (Bremsstrahlung) d'énergie moyenne de 56 keV. De ce fait, la manipulation de 370 MBq et plus de ^{32}P requiert en plus de l'écran de plexiglas, un écran supplémentaire de plomb (1 mm) qui sera placé entre l'écran primaire et le manipulateur de manière à atténuer le rayonnement de freinage.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	F	$1,1 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
	M	$2,9 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,800$	$2,4 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$16 \cdot 10^3$ Bq/m ³
	M	$3,7 \cdot 10^3$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 70 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 100 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,42 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{32}P , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (143 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{32}P , émetteur β^- est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{32}P : $\pm 55\%$

1 cps \approx 1,8 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,3 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

De manière générale, on peut dire qu'un nettoyage à l'**eau tiède** avec du savon ou un détergent est préconisé, si des phospholipides au ^{32}P sont à l'origine de la contamination, il faut utiliser en plus de l'acide éthylène diamino tétraacétique (EDTA).

* Dans le cas de contamination de surfaces, les détergents de laboratoire ou des crèmes légèrement abrasives sont souvent utilisés avec succès.

Dans les cas de contamination avec des phospholipides ^{32}P , le nettoyage sera réalisé avec des solvants organiques (1,1,1 trichloréthane).

* En aucun cas, les tabliers de laboratoire contaminés ne seront remis au nettoyage, ceux-ci seront conservés pour décroissance totale de la radioactivité et ensuite nettoyés.

* Un contrôle urine doit être réalisé en suite à toute contamination accidentelle de personne, dans ce cas, prendre contact avec le SUCPR .

* Après ingestion du phosphore, environ 75 % sont absorbés au niveau du tube digestif, puis se répartissent dans l'organisme. La fraction déposée dans le squelette, après l'absorption, est d'environ 37 %.

* Le phosphore étant normalement présent dans l'organisme, toute contamination par le ^{32}P ne peut être traitée que par la méthode de la dilution isotopique. Il existe de nombreuses spécialités pharmaceutiques contenant du phosphore échangeable, le traitement par une telle spécialité doit être massif.

Remarque : Si plusieurs émetteurs β^- sont utilisés dans le laboratoire, par exemple ^{14}C , ^{35}S et ^{32}P , il est aisé de localiser une contamination ^{32}P par rapport au ^{35}S ou au ^{14}C .

Une double épaisseur de papier ordinaire arrêtera les rayonnements β^- de faible énergie (^{14}C , ^{35}S) et laissera passer les rayonnements β^- de forte énergie (^{32}P).

Ce simple test réalisé à l'aide d'un compteur Geiger-Müller permettra d'identifier le radioélément contaminant.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{33}P

Période	25,56 jours
Rayonnement	β^-
Energie β^- max MeV	0,2485 (100%)
Energie β^- moy MeV	0,076
Comptage externe	Geiger-Müller
Comptage interne	Urines
Période effective	$\approx 12,3$ jours
Organe cible	Os
Parcours dans l'air	≈ 660 cm
Ecran de protection	0,6 mm plexiglas

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe, lors de la manipulation de radiophosphore 33 est faible, voire négligeable, pour des activités de l'ordre de 37 MBq.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Le verre des récipients ou les matières plastiques (matériel à jeter après usage) contenant les solutions actives, assurent **l'absorption quasi complète** de toutes les radiations β^- émises par le ^{33}P .

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 0,3 mm de verre ou 0,6 mm de plexiglas.

Les interactions des rayonnements β^- avec la matière sont optimales avec les matériaux légers (plexiglas, verre, aluminium...) ; généralement pour des raisons de commodité, on utilise comme moyen de protection des écrans de plexiglas, un écran de plexiglas de 1 mm d'épaisseur arrêtera tous les rayonnements β^- émis par la source.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que les interactions des rayonnements β^- avec la matière génèrent des photons de freinage (Bremsstrahlung).

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	F	$1,4 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
	M	$1,3 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,800$	$2,4 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$14 \cdot 10^4$ Bq/m ³
	M	$8,3 \cdot 10^3$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 32 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 100 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $4,2 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{33}P , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (250 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{33}P , émetteur β^- est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

- * Rendement pour les β^- du ^{33}P : $\pm 25\%$

1 cps \approx 4 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,7 Bq/cm²

- * Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

De manière générale, on peut dire qu'un nettoyage à l'**eau tiède** avec du savon ou un détergent est préconisé, si des phospholipides au ^{33}P sont à l'origine de la contamination, il faut utiliser en plus de l'acide éthylène diamino tétraacétique (EDTA).

- * Dans le cas de contamination de surfaces, les détergents de laboratoire ou des crèmes légèrement abrasives sont souvent utilisés avec succès.

Dans les cas de contamination avec des phospholipides ^{33}P , le nettoyage sera réalisé avec des solvants organiques (1,1,1 trichloréthane).

- * En aucun cas, les tabliers de laboratoire contaminés ne seront remis au nettoyage, ceux-ci seront conservés pour décroissance totale de la radioactivité et ensuite nettoyés.

- * Un contrôle urine doit être réalisé en suite à toute contamination accidentelle de personne, dans ce cas, prendre contact avec le SUCPR .

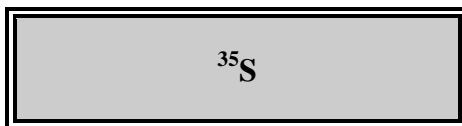
- * Après ingestion du phosphore, environ 75 % sont absorbés au niveau du tube digestif, puis se répartissent dans l'organisme. La fraction déposée dans le squelette, après l'absorption, est d'environ 37 %.

- * Le phosphore étant normalement présent dans l'organisme, toute contamination par le ^{33}P ne peut être traitée que par la méthode de la dilution isotopique. Il existe de nombreuses spécialités pharmaceutiques contenant du phosphore échangeable, le traitement par une telle spécialité doit être massif.

Remarque : Si plusieurs émetteurs β^- sont utilisés dans le laboratoire, par exemple ^{14}C , ^{35}S et $^{32-33}\text{P}$, il est aisé de localiser une contamination ^{32}P par rapport au ^{14}C , au ^{35}S ou au ^{33}P . Une double épaisseur de papier ordinaire arrêtera les rayonnements β^- de faible énergie (^{14}C , ^{35}S , ^{33}P) et laissera passer les rayonnements β^- de forte énergie (^{32}P).

Ce simple test réalisé à l'aide d'un compteur Geiger-Müller permettra d'identifier le ou les radioéléments contaminants.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Emetteur β^- de faible énergie, le ^{35}S est un des radionucléides les plus utilisés en recherche biologique et médicale.

Période	87,4 jours
Rayonnements	β^-
Energie β^+ max MeV	0,1675
Energie β^+ moy MeV	0,049
Energie γ MeV	Geiger-Müller
Comptage externe	Urines
Comptage interne	D faible
Période effective	Testicules
Organe cible	30 cm
Débit de dose γ à 1 m	0,4 mm plexiglas
Ecran de protection CDA	

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Contamination et irradiation interne.

La contamination externe des mains entraîne un risque d'irradiation, et peut entraîner une contamination interne, de loin beaucoup plus dangereuse, selon le type de molécule marquée utilisée.

Le seul traitement envisageable des contaminations internes par le ^{35}S est la dilution isotopique ; en cas de contamination par une molécule marquée au ^{35}S , le traitement idéal consisterait à administrer à dose aussi haute que possible, la même molécule contenant le S sous forme stable.

Les composés inorganiques de ^{35}S se concentrent dans les tissus cartilagineux, ainsi que dans la moelle osseuse, l'élimination urinaire est importante et rapide.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	inorganique - F	$8,0 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
	inorganique - M	$1,1 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,800$ – inorganique	$1,4 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
	$f_1 = 0,100$ – inorganique	$1,9 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
	$f_1 = 1,000$ – organique	$7,7 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
inorganique	F	$2,4 \cdot 10^5$ Bq/m ³
	M	$89 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	S	$66 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 15 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle à mettre en oeuvre est la mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 100 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $7,7 \cdot 10^3$ Bq/l (inorganique) et $1,3 \cdot 10^3$ Bq/l (organique) à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : si des possibilités de stockage pour décroissance de la radioactivité existent, étant donné les faibles activités utilisées, on laissera décroître les déchets ^{35}S jusqu'à disparition totale de la radioactivité.

Après 10 périodes (870 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

- * Dans le cas d'une contamination radioactive, il est essentiel de limiter le plus rapidement possible l'étendue de celle-ci.

On procédera comme ci-avant, mais dans le cas d'une telle contamination, on peut localiser la surface contaminée à l'aide d'un détecteur adéquat.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur Geiger-Müller de type MULTIRAD

- * Rendement pour le β^- du ^{35}S : $\pm 20\%$

1 cps \approx 5 Bq pour une surface de $\pm 6 \text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,8 Bq/cm²

- * Si une contamination radioactive de personne est suspectée ou précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

- * Un contrôle urine doit être réalisé en suite à toute contamination accidentelle de personne, dans ce cas prendre contact avec le SUCPR .

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{36}Cl

Période	$3,01 \cdot 10^5$ ans
Rayonnement	β^-
Energie β^- max MeV	0,7095 (98%)
Energie β^- moy MeV	0,252
Comptage externe	Geiger-Müller
Comptage interne	Urines
Période effective	29 jours
Organe cible	Corps entier
Parcours dans l'air	388 cm
Ecran de protection	0,5 cm plexiglas

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiochlore ^{36}Cl , risque dû à l'énergie du rayonnement β^- .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 1 mm de verre ou 2 mm de plexiglas.

Les interactions des rayonnements β^- avec la matière sont optimales avec les matériaux légers (plexiglas, verre, aluminium...) généralement pour des raisons de commodité, on utilise comme moyen de protection des écrans de plexiglas, un écran de plexiglas de 0,5 cm d'épaisseur arrêtera tous les rayonnements β^- émis par la source.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que les interactions des rayonnements β^- avec la matière génèrent des photons de freinage (Bremsstrahlung). De ce fait, la manipulation de 370 MBq et plus de ^{36}Cl requiert en plus de l'écran de plexiglas, un écran supplémentaire de plomb (0,5 mm) qui sera placé entre l'écran primaire et le manipulateur de manière à atténuer le rayonnement de freinage.

Il ressort clairement de ce qui précède, les gants n'offrant aucune protection contre l'irradiation, que la manipulation, "à la main" peut entraîner des doses non négligeables et qu'une dosimétrie extrémités est souhaitable pour surveiller le niveau d'irradiation des mains.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	F	$4,9 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
	M	$5,1 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$9,3 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$3,8 \cdot 10^3$ Bq/m ³
	M	$1,7 \cdot 10^3$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 66 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $1,1 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{36}Cl , émetteur β^- est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{36}Cl : ± 35 %

1 cps \approx 2,9 Bq pour une surface de ± 6 cm²

1 cps \approx 0,5 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{42}K

Période	12,36 heures
Rayonnements	β^- , γ
Energie β^- max MeV	1,996 (17,5%), 3,521 (82%)
Energie β^- moy MeV	0,822 - 1,564
Energie γ MeV	0,313 (0,3%), 1,525 (18%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl.
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	0,52 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Parcours dans l'air	-
Débit de dose γ à 1 m	$3,89 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	1,6 cm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiopotassium 42, risque dû à l'énergie des rayonnements β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 9 mm de verre ou 16 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 16 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	14,4 mGy/h
à 10 cm	144 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	F	$2,0.10^{-10}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$4,3.10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$10,4.10^4$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 83 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $2,3 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ⁴²K, il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (5 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{42}K , émetteur β^- et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{42}K : $\pm 60\%$

1 cps $\approx 1,7$ Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps $\approx 0,3$ Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{42}K : $\pm 4\%$

1 cps ≈ 25 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps ≈ 3 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* La destinée du potassium dans l'organisme est essentiellement intracellulaire, le potassium s'oppose de ce fait au sodium ; il est rapidement absorbé, quasi totalement au niveau de l'intestin. Son élimination est surtout urinaire, le rein jouant le rôle d'assurer l'homéostasie.

En cas de contamination interne, la courte période du ^{42}K limite dans le temps, l'irradiation due à la contamination interne. Le seul traitement que l'on pourrait envisager, est la dilution isotopique, en connaissant les risques avec les surcharges en potassium ; dans tous les cas, la surveillance médicale stricte s'impose, spécialement cardiologique.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{43}K

Période	22,2 heures
Rayonnements	β^- , γ
Energie β^- max MeV	0,827 (92%), 1,224 (3,6%)
Energie β^- moy MeV	0,298 - 0,469
Energie γ MeV	0,373 (87 %), 0,397 (11,5%), 0,593 (11%), 0,617 (80,5%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	\approx 1 jour
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	0,158 $\mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	5,5 mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiopotassium 43, risque dû à l'énergie des rayonnements β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 2,4 mm de verre ou 4,1 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 5,5 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Si les substances radioactives doivent être stockées dans des réfrigérateurs, les conteneurs de plomb ayant servi au transport sont de bons moyens de protection.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm 58,5 mGy/h

à 10 cm 585 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	F	$2,6.10^{-10}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$2,5.10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$8,9.10^4$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 32 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $4 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{43}K , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (10 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{43}K , émetteur β^- et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{43}K : $\pm 40 \%$

1 cps $\approx 2,5$ Bq pour une surface de $\pm 6 \text{ cm}^2$

1 cps $\approx 0,4$ Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{43}K : $\pm 4 \%$

1 cps ≈ 25 Bq pour une surface de $\pm 8 \text{ cm}^2$

1 cps ≈ 3 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* La destinée du potassium dans l'organisme est essentiellement intracellulaire, le potassium s'oppose de ce fait au sodium ; il est rapidement absorbé, quasi totalement au niveau de l'intestin. Son élimination est surtout urinaire, le rein jouant le rôle d'assurer l'homéostasie.

* En cas de contamination interne, la courte période du ^{43}K limite dans le temps, l'irradiation due à la contamination interne. Le seul traitement que l'on pourrait envisager, est la dilution isotopique, en connaissant les risques avec les surcharges en potassium ; dans tous les cas, la surveillance médicale stricte s'impose, spécialement cardiologique.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{45}Ca

Période	163 jours
Rayonnement	β^-
Energie β^- max MeV	0,257 (100 %)
Energie β^- moy MeV	0,077
Comptage externe	Geiger-Müller
Comptage interne	Urines
Période effective	161 jours
Organe cible	Os
Parcours dans l'air	660 cm
Ecran de protection	0,5 mm plexiglas

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe, lors de la manipulation de radiocalcium 45 est faible, voire négligeable, pour des activités de l'ordre de 37 MBq.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 0,3, mm de verre ou 0,5 mm de plexiglas.

Les interactions des rayonnements β^- avec la matière sont optimales avec les matériaux légers (plexiglas, verre, aluminium...) ; généralement pour des raisons de commodité, on utilise comme moyen de protection des écrans de plexiglas, un écran de plexiglas de 1 cm d'épaisseur arrêtera tous les rayonnements β^- émis par la source.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que les interactions des rayonnements β^- avec la matière génèrent des photons de freinage (Bremsstrahlung).

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	M	$2,3 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,300$	$7,6 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$2,7 \cdot 10^4$ Bq/m ³
	M	$46 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	S	$34 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 31 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 100 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $1,4 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{45}Ca , émetteur β^- est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{45}Ca : $\pm 25\%$

1 cps \approx 4 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,7 Bq/cm²

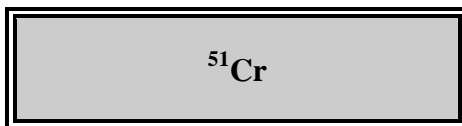
* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* En cas de contamination interne par du ^{45}Ca , la seule thérapeutique envisageable est la dilution isotopique ; on ne peut alors qu'administrer du calcium sous des formes classiques en pharmacologie, soit per os, soit en injection intraveineuse.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Le chrome 51 est utilisé comme agent de marquage des cellules dans nombre de recherches biochimiques et médicales, ainsi qu'en médecine nucléaire.

Période	27,7 jours
Rayonnements	e^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,0044 (67%)
Energie X MeV	0,005 (20%)
Energie γ MeV	0,320 (10%)
Comptage externe	NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre
Période effective	26,6 jours
Organe cible	Gros intestin
Débit de dose γ à 1 m	$5,109 \cdot 10^{-3} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	0,2 cm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiochrome 51, risque dû à l'énergie du rayonnement γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 2 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur 37 MBq et plus seront faites à l'abri d'un château de plomb, dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Si les substances radioactives doivent être stockées dans les réfrigérateurs, les conteneurs de plomb ayant servi à leur transport sont de bons moyens de protection.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	1,9 mGy/h
à 10 cm	18,9 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	F	$3,0 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
	M	$3,4 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
	S	$3,6 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,100$	$3,8 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
	$f_1 = 0,010$	$3,7 \cdot 10^{-11}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$6,25 \cdot 10^5$ Bq/m ³
	M	$3,9 \cdot 10^5$ Bq/m ³
	S	$3,4 \cdot 10^5$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 0,55 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission d'électrons.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 10 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $26 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{51}Cr , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (278 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{51}Cr , émetteur γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

- * Rendement pour les γ du ^{51}Cr : $\pm 0,5 \%$

- 1 cps \approx 200 Bq pour une surface de $\pm 8 \text{ cm}^2$

- 1 cps \approx 25 Bq/cm²

- * Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

- Eviter d'irriter la peau durant le processus.

- * Il n'existe pas de métabolisme stéréotypé du chrome car les formes physicochimiques et spécialement les états de degré d'oxydation conditionnent essentiellement le devenir biologique de ce métal. L'efficacité du traitement d'une contamination par le ^{51}Cr est fonction de la forme physico-chimique du métal :

- s'il s'agit d'un sel de chrome dans lequel le métal est à l'état de cation, il faut envisager un traitement par chélateur : injection intraveineuse de 0,5 g d'acide diéthylène triamino pentaacétique (DTPA) ;

- en cas de blessure, laver la plaie avec une solution concentrée de DTPA sodico-calcique, 4 g dans 4 ml de sérum physiologique;

- s'il s'agit de chrome sous forme d'anion, aucun traitement n'est envisageable.

- * Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{57}Co

Période	271,77 jours
Rayonnements	e^- , γ
Energie e^- MeV	0,006 (106%), 0,007 (70%)
Energie γ MeV	0,014 (9 %), 0,122 (86 %), 0,136 (11 %)
Comptage externe	NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre
Période effective	9,2 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	$1,8 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	0,3 mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiocobalt 57, risque dû à l'énergie du rayonnement γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les e^- , il faut 0,1 mm de verre ou 0,1 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 3 mm de plomb.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm 6,66 mGy/h

à 10 cm 66,6 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	M	$3,9 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
	S	$6,0 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,100$	$2,1 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
	$f_1 = 0,050$	$1,9 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$6,6 \cdot 10^4$ Bq/m ³
	M	$2,3 \cdot 10^4$ Bq/m ³
	S	$125 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 4,4 mGy/h à l'épiderme, dû aux émissions d'électrons et de rayonnement X.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $4,8 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{57}Co , émetteur γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{57}Co : $\pm 18\%$

1 cps \approx 5,6 Bq pour une surface de $\pm 8 \text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,7 Bq/cm²

- * Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

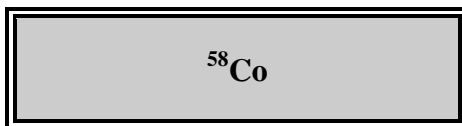
- * L'absorption intestinale est fonction de la solubilité du sel et de la charge pondérale en cobalt, dans le cas d'un sel soluble (chlorure par exemple) l'absorption intestinale peut atteindre 50 %.

La plupart des sels de cobalt étant insolubles, l'ingestion d'un de ces composés ne requiert aucune thérapeutique particulière. Dans le cas d'une blessure contaminée, le traitement par l'acide diéthylène triamino pentaacétique (DTPA) doit être mis en oeuvre : 0,5 g en injection intraveineuse lente.

Il serait souhaitable, en addition avec le traitement par le DTPA, de réaliser une dilution isotopique avec un produit pharmacodynamique existant, ces composés étant vasodilatateurs, ils doivent être utilisés sous contrôle médical strict.

- * Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Période	70,78 jours
Rayonnements	β^+ , γ
Energie β^+ max MeV	0,475 (15%)
Energie β^+ moy MeV	0,201
Energie γ MeV	0,511* (30%), 0,811 (99%), 0,864 (0,7%), 1,675 (0,5%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	8,4 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	0,156 $\mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	9,3 mm plomb

* Deux rayonnements γ de 0,511 MeV émis à 180°, en suite au phénomène d'annihilation de l'e⁺ en fin de parcours.

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiocobalt 58, dû à l'énergie des rayonnements β^+ et γ émis.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^+ , il faut 0,6 mm de verre ou 1,2 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 9,3 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection, donne un débit de dose γ :

à 1 cm	57,7 mGy/h
à 10 cm	577 μ Gy/h

Au **contact** des flacons de verre contenant la solution radioactive, les débits de dose β^+ sont moindres, du fait de l'autoabsorption par la source volumique et l'atténuation partielle des β^+ par le verre du flacon, il ne faut pas perdre de vue que l'atténuation des β^+ s'accompagne de l'émission de photons d'annihilation de 0,511 MeV.

Contamination et irradiation interne.

Etant donné la grande énergie des rayonnements β^+ et γ émis lors de la désintégration du ^{58}Co , des contaminations de l'ordre de 37 kBq peuvent délivrer des doses significatives aux personnes contaminées

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	M	$1,4 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
	S	$1,7 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,100$	$7,4 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
	$f_1 = 0,050$	$7,0 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$2,6 \cdot 10^4$ Bq/m ³
	M	$78 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	S	$59 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 11 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^+ .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 0,1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $1,4 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{58}Co , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (710 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Un stockage plus ou moins prolongé, éliminera toute radioactivité, le déchet déchu pourra être traité comme déchet classique.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{58}Co , émetteur β^+ et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD
 - * Rendement pour les β^+ du ^{58}Co : ± 30 %
 - 1 cps $\approx 3,3$ Bq pour une surface de ± 6 cm²
 - 1 cps $\approx 0,55$ Bq/cm²
- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A
 - * Rendement pour les γ du ^{58}Co : ± 3 %
 - 1 cps ≈ 33 Bq pour une surface de ± 8 cm²
 - 1 cps ≈ 4 Bq/cm²

- * Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

- * L'absorption intestinale est fonction de la solubilité du sel et de la charge pondérale en cobalt, dans le cas d'un sel soluble (chlorure par exemple) l'absorption intestinale peut atteindre 50 %.

La plupart des sels de cobalt étant insolubles, l'ingestion d'un de ces composés ne requiert aucune thérapeutique particulière. Dans le cas d'une blessure contaminée, le traitement par l'acide diéthylène triamino pentaacétique (DTPA) doit être mis en oeuvre : 0,5 g en injection intraveineuse lente.

Il serait souhaitable, en addition avec le traitement par le DTPA, de réaliser une dilution isotopique avec un produit pharmacodynamique existant, ces composés étant vasodilatateurs, ils doivent être utilisés sous contrôle médical strict.

- * Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{60}Co

Période	5,27 ans
Rayonnements	β^- , γ
Energie β^- max MeV	0,318 (100 %), 1,491 (0,08 %)
Energie β^- moy MeV	0,096 - 0,627
Energie γ MeV	1,173 (100%), 1,332 (100 %)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	9,5 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	0,341 $\mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	1,35 cm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction du type de source et de l'activité manipulée.

1) Sources scellées.

Les sources scellées de radiocobalt 60 sont d'une utilisation courante en médecine (radiothérapie), sciences (irradiation, sources de calibration) et dans l'industrie (sources de gammagraphie).

Les sources scellées ont des activités qui varient de quelques MBq à plusieurs centaines de TBq (1.10^{12} Bq).

Irradiation externe

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de sources scellées de radiocobalt 60, dû à l'énergie du rayonnement γ émis.

Le rayonnement β^- est totalement absorbé par les enveloppes de confinement de la source.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	126 mGy/h
à 10 cm	1,26 mGy/h

Les informations concernant la protection contre l'irradiation lors des manipulations de sources de gammagraphie sont contenues dans la brochure spécifique d'information du personnel.

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques .

Les sources scellées de radiocobalt 60 ne présentent pas de risque de contamination radioactive (double encapsulage d'acier inoxydable soudé) ; néanmoins, des contrôles d'absence de contamination doivent être réalisés afin de s'assurer de l'intégrité des enveloppes de confinement.

2) Sources non scellées.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiocobalt 60, risque dû à l'énergie des rayonnements β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 0,4 mm de verre ou 0,7 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 13,5 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur 37 MBq et plus seront faites à l'abri d'un château de plomb, dont les briques auront 10 cm d'épaisseur au minimum. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	129,9 mGy/h
à 10 cm	1,30 mGy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	M	$7,1 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
	S	$1,7 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,100$	$3,4 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
	$f_1 = 0,050$	$2,5 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$24 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	M	$0,125 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	S	$4 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 29 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 0,1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,29 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{60}Co , émetteur β^- et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD
 - * Rendement pour les β^- du ^{60}Co : ± 25 %
 - 1 cps \approx 4 Bq pour une surface de ± 6 cm²
 - 1 cps \approx 0,7 Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{60}Co : $\pm 2,5 \%$

1 cps ≈ 40 Bq pour une surface de $\pm 8 \text{ cm}^2$

1 cps $\approx 5 \text{ Bq/cm}^2$

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

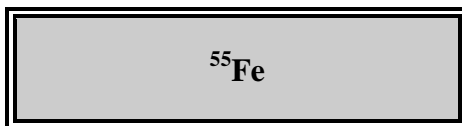
* L'absorption intestinale est fonction de la solubilité du sel et de la charge pondérale en cobalt, dans le cas d'un sel soluble (chlorure par exemple) l'absorption intestinale peut atteindre 50 %.

La plupart des sels de cobalt étant insolubles, l'ingestion d'un de ces composés ne requiert aucune thérapeutique particulière. Dans le cas d'une blessure contaminée, le traitement par l'acide diéthylène triamino pentaacétique (DTPA) doit être mis en oeuvre : 0,5 g en injection intraveineuse lente.

Il serait souhaitable, en addition avec le traitement par le DTPA, de réaliser une dilution isotopique avec un produit pharmacodynamique existant, ces composés étant vasodilatateurs, ils doivent être utilisés sous contrôle médical strict.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Période	2,68 ans
Rayonnement	X
Energie X MeV	0,006 (25%), 0,0065 (3,3%)
Comptage externe	NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre
Période effective	388 jours
Organe cible	Rate
Débit de dose γ à 1 m	$\approx 0,016 \mu\text{Gy/h.MBq}^*$
Ecran de protection CDA	$\approx 0,01 \text{ mm plomb}^*$

* valeur approximative.

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe totale ou partielle, due à la manipulation des sources d'activité ≥ 185 MBq de radiofer 55 peut être maîtrisée en utilisant des blindages adéquats (1 mm de plomb atténuant les rayonnements X d'un facteur 1.10^6 au minimum) et en manipulant les sources à l'aide de pinces.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 185 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF) en supplément du dosimètre film-badge porté au niveau de la poitrine.

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm ≈ 6 mGy/h

à 10 cm ≈ 60 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	F	$9,2.10^{-10}$ Sv/Bq
	M	$3,3.10^{-10}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,100$	$3,3.10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$1,6.10^4$ Bq/m ³
	M	$3,3.10^4$ Bq/m ³
	S	$6,9.10^4$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 MBq sur 1 cm² de peau délivre une dose de l'ordre de 0,6 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement X de faible énergie.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 100 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $3 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{55}Fe , émetteur X peut être localisé en cas de contamination, par un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les X du ^{55}Fe : $\pm 0,7$ %

1 cps \approx 143 Bq pour une surface de $\pm 8 \text{ cm}^2$

1 cps \approx 18 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

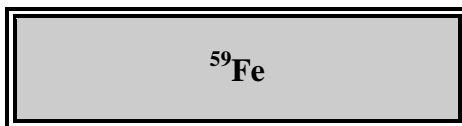
Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* L'absorption digestive moyenne du fer est d'environ 10 %, elle est inversement proportionnelle aux réserves en fer et de la forme sous laquelle le fer est absorbé; la concentration la plus élevée se situe au niveau de la rate.

Toute contamination interne par le ^{55}Fe doit être traitée par le desferrioxamine B (DFOA) qui chélate électivement le fer excédentaire et l'élimine par voie urinaire; l'acide diéthylène triamino pentaacétique (DTPA) est aussi efficace : 0,5 g en injection intraveineuse lente.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Période	44,51 jours
Rayonnements	β^- , γ
Energie β^- max MeV	0,131 (1 %), 0,273 (46 %), 0,466 (53%)
Energie β^- moy MeV	0,036 - 0,081 - 0,149
Energie γ MeV	0,143 (1%), 0,192 (3 %), 1,099 (56%), 1,291 (44%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	41 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	0,175 $\mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	1,3 cm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiofer 59, risque dû à l'énergie des rayonnements β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 0,6 mm de verre ou 1,1 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 13 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur 37 MBq et plus seront faites à l'abri d'un château de plomb, dont les briques auront 10 cm d'épaisseur minimum. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm 64,75 mGy/h

à 10 cm 648 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	F	$3,0.10^{-9}$ Sv/Bq
	M	$3,2.10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,100$	$1,8.10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	57.10^2 Bq/m ³
	M	34.10^2 Bq/m ³
	S	$31,25.10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 36 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 0,1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,56 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ⁵⁹Fe, il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (450 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{59}Fe , émetteur β^- et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{59}Fe : $\pm 30\%$

1 cps $\approx 3,3$ Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps $\approx 0,56$ Bq/cm 2

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{59}Fe : $\pm 2,5\%$

1 cps ≈ 40 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps ≈ 5 Bq/cm 2

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* L'absorption digestive moyenne du fer est d'environ 10 %, elle est inversement proportionnelle aux réserves en fer et de la forme sous laquelle le fer est absorbé; la concentration la plus élevée se situe au niveau de la rate.

Toute contamination interne par le ^{59}Fe doit être traitée par le desferrioxamine B (DFOA) qui chélate électivement le fer excédentaire et l'élimine par voie urinaire; l'acide diéthylène triamino pentaacétique (DTPA) est aussi efficace : 0,5 g en injection intraveineuse lente.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{65}Zn

Période	243,9 jours
Rayonnements	β^+ , γ
Energie β^+ max MeV	0,330 (1,5%)
Energie β^+ moy MeV	0,143
Energie γ MeV	0,511* (3%), 1,116 (51%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	194 jours
Organe cible	Tout le corps
Débit de dose γ à 1 m	$8,76 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	1,26 cm plomb

* Deux rayonnements γ de 0,511 MeV émis à 180° , en suite au phénomène d'annihilation de e^+ en fin de parcours.

RECOMMANDATIONS.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiozinc 65, dû à l'énergie des rayonnements β^+ et γ émis.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF).

Au **contact** des flacons de verre contenant la solution radioactive, les débits de dose β^+ sont moindres, du fait de l'autoabsorption par la source volumique et l'atténuation partielle des β^+ par le verre du flacon, il ne faut pas perdre de vue que l'atténuation des β^+ s'accompagne de l'émission de photons d'annihilation de 0,511 MeV.

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^+ , il faut 0,4 mm de verre ou 0,7 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 12,6 mm de plomb.

La manipulation de 37 MBq ou plus de radiozinc 65, requiert un écran de plomb formé de briques de plomb de 10 cm d'épaisseur minimum.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection, donne un débit de dose γ :

à 1 cm 32,4 mGy/h

à 10 cm 324 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Etant donné la grande énergie des rayonnements β^+ et γ émis lors de la désintégration du ^{65}Zn , des contaminations de l'ordre de 37 kBq peuvent délivrer des doses significatives aux personnes contaminées

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	S	$2,8.10^{-9}\text{Sv/Bq}$
par ingestion	$f_1 = 0,500$	$3,9.10^{-9}\text{Sv/Bq}$
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	57.10^2Bq/m^3
	M	78.10^2Bq/m^3
	S	$62,5.10^2\text{Bq/m}^3$

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 2,8 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement X.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,26 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{65}Zn , émetteur β^+ et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^+ du ^{65}Zn : $\pm 20\%$

1 cps ≈ 5 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps $\approx 0,8$ Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{65}Zn : $\pm 2,5\%$

1 cps ≈ 40 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps ≈ 5 Bq/cm²

* Les organes dont les dépôts en zinc sont les plus élevés sont le foie, le rein, la rate, le muscle et le squelette.

L'absorption intestinale du zinc est importante, d'environ 80%, l'élimination urinaire est faible.

Le traitement des contaminations par le zinc 65 consiste en l'administration d'acide diéthylène triamino pentaacétique (DTPA) : 0,5 g. Ce traitement ne peut être réalisé que sous surveillance médicale stricte. Il sera possible de réduire le dépôt de zinc 65 d'un facteur 10 à 20 par le traitement au DTPA.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{67}Ga

Période	3,26 jours
Rayonnements	e^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,008 (62%), 0,084 (29%), 0,093 (5,5%)
Energie X MeV	0,0086 (50%), 0,0096 (7%)
Energie γ MeV	0,091 (3%), 0,093 (39%), 0,209 (2%), 0,300 (17%), 0,393 (4,6%)
Comptage externe	NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre
Période effective	2,9 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	$2,12 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	1,8 mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe totale ou partielle est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiogallium 67, risque principalement dû aux activités manipulées ; en effet, dans un service de Médecine Nucléaire, il n'est pas rare de manipuler des activités de 74 à 111 MBq à injecter à des patients et ce, plusieurs fois par jour.

Lors des injections des radiopharmaceutiques aux patients, la dose reçue aux doigts et aux mains peut être importante. Une surveillance particulière doit être consacrée à cette opération ; si le port de gants protège d'une contamination radioactive, il n'offre aucune protection contre l'irradiation γ .

Si l'injection aux patients est effectuée en salle d'hospitalisation, le matériel d'injection (seringues, gants...) est transporté dans des boîtes blindées, le retour du matériel (déchets) s'effectue à l'aide de la boîte blindée de transport.

Pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 1,8 cm de plomb.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	7,8 mGy/h
à 10 cm	78,4 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	F	$1,1.10^{-10}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,001$	$1,9.10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$1,9.10^5$ Bq/m ³
	M	$2,5.10^5$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 13 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission d'électrons.

Bien que la période du ⁶⁷Ga soit courte, toute contamination radioactive constatée doit être éliminée le plus rapidement possible, il ne faut pas perdre de vue que la répétition journalière des manipulations et des contaminations résultantes risque de conduire non seulement à des irradiations importantes de l'épiderme, mais aussi à des contaminations internes par ingestion par exemple.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $5,3 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{67}Ga , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (33 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{67}Ga , émetteur X et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

- * Rendement pour les γ du ^{67}Ga : $\pm 17\%$

- 1 cps ≈ 6 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

- 1 cps $\approx 0,7$ Bq/cm²

- * Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

- Eviter d'irriter la peau durant le processus.

- * Le gallium étant un analogue de l'indium et du thallium, son métabolisme et la thérapeutique à appliquer en cas de contamination interne sont similaires.

- Durant les 24 premières heures, après contamination interne, 10 à 25% de celle-ci se retrouvent dans les urines ; après 24 heures, l'élimination est essentiellement intestinale.

- Le gallium se distribue normalement dans le foie, le squelette, la moelle, la rate, les glandes salivaires, le rhinopharinx et les glandes mammaires.

- * Détecter et éliminer immédiatement toute trace d'activité est la meilleure façon d'éviter les incidents ou les accidents.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{68}Ge

Période	288 jours
Rayonnements	β^+ , X, γ
Energie β^+ max MeV	0,822* (1%), 1,899 (88%)
Energie β^+ moy MeV	0,353 - 0,836
Energie X MeV	0,009 (68%), 0,010 (10%)
Energie γ MeV	0,511* (178%), 1,077 (3%) 1,883 (0,14%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	\approx 1 jour
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	0,147 $\mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	5 mm plomb

* Le ^{68}Ge donne par désintégration le ^{68}Ga , émetteur β^+ et γ , de période égale à 68,2 minutes, deux rayonnements γ de 0,511 MeV émis à 180° , en suite au phénomène d'annihilation de l' e^+ en fin de parcours.

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiogermanium 68, dû à l'énergie des rayonnements β^+ et γ émis.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF).

Au **contact** des flacons de verre contenant la solution radioactive, les débits de dose β^+ sont moindres, du fait de l'autoabsorption par la source volumique et l'atténuation partielle des β^+ par le verre du flacon, il ne faut pas perdre de vue que l'atténuation des β^+ s'accompagne de l'émission de photons d'annihilation de 0,511 MeV.

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Les manipulations réalisées sur 37 MBq et plus seront faites à l'abri d'un château de plomb, dont les briques auront 5 cm d'épaisseur au minimum. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection, donne un débit de dose γ :

à 1 cm 54,4 mGy/h

à 10 cm 544 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Etant donné l'énergie des rayonnements β^+ , X caractéristiques et γ émis lors de la désintégration du ^{68}Ge , des contaminations de l'ordre de 37 kBq peuvent délivrer des doses significatives aux personnes contaminées.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	F	$8,3 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$1,3 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$2,4 \cdot 10^4$ Bq/m ³
	M	$8,9 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose élevé à l'épiderme, dû aux émissions de rayonnements X et β^+ , une décontamination rapide s'impose.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,77 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

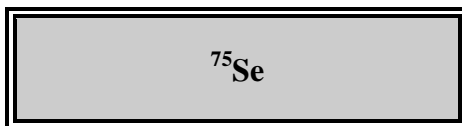
Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{68}Ge , émetteur β^+ et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD
 - * Rendement pour les β^+ du ^{68}Ge : ± 55 %
 - 1 cps \approx 1,8 Bq pour une surface de ± 6 cm²
 - 1 cps \approx 0,3 Bq/cm²
- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A
 - * Rendement pour les γ du ^{68}Ge : ± 5 %
 - 1 cps \approx 20 Bq pour une surface de ± 8 cm²
 - 1 cps \approx 2,5 Bq/cm²
 - * Le germanium n'est quasi pas absorbé par le tractus gastro-intestinal (< 1%), la partie absorbée est rapidement éliminée via les urines.
 - * Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Période	120 jours
Rayonnements	e^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,0135 (6%), 0,085 (3%), 0,124 (1,5%)
Energie X MeV	0,0105 (49%), 0,012 (7%)
Energie γ MeV	0,097 (3,5%), 0,121 (17%), 0,136 (59%), 0,265 (59%), 0,279 (25%), 0,400 (12%)
Comptage externe	NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre
Période effective	10 jours
Organe cible	Tout le corps - Reins
Débit de dose γ à 1 m	$5,595 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	1,5 mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe totale ou partielle est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiosélénium 75 , risque principalement dû aux activités manipulées ; en effet, dans un service de Médecine Nucléaire, il n'est pas rare de manipuler des activités de 74 à 111 MBq à injecter à des patients et ce, plusieurs fois par jour.

Lors des injections des radiopharmaceutiques aux patients, la dose reçue aux doigts et aux mains peut être importante. Une surveillance particulière doit être consacrée à cette opération ; si le port de gants protège d'une contamination radioactive, il n'offre aucune protection contre l'irradiation γ .

Si l'injection aux patients est effectuée en salle d'hospitalisation, le matériel d'injection (seringues, gants...) est transporté dans des boîtes blindées, le retour du matériel (déchets) s'effectue à l'aide de la boîte blindée de transport.

Pour arrêter totalement les e^- , il faut 0,1 mm de verre ou 0,2 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 1,5 cm de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	20,7 mGy/h
à 10 cm	207 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	F	$1,4 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
	M	$1,7 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,800$	$2,6 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,050$	$4,1 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$125 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	M	$114 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	S	$96 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 5,3 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission d'électrons.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,38 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{75}Se , émetteur γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{75}Se : $\pm 22\%$

1 cps \approx 4,5 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,6 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Après son absorption, le sélénium est méthylé dans le foie et est éliminé sous forme de $\text{Se}(\text{CH}_3)_2$ par voie pulmonaire avec une odeur alliagée prononcée.

En cas de contamination radioactive interne, il y a lieu de faire procéder au recueil immédiat des urines, qui sera poursuivi pendant 24 heures.

* Détecter et éliminer immédiatement toute trace d'activité est la meilleure façon d'éviter les incidents ou les accidents.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{86}Rb

Période	18,64 jours
Rayonnements	β^- , γ
Energie β^- max MeV	0,698 (9 %), 1,774 (91%)
Energie β^- moy MeV	0,233 - 0,710
Energie γ MeV	1,077 (9%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	13,2 jours
Organe cible	Tout le corps
Débit de dose γ à 1 m	$1,41 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	1,23 cm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiorubidium 86, risque dû à l'énergie des rayonnements β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 3,9 mm de verre ou 6,4 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 12,3 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur 37 MBq et plus seront faites à l'abri d'un château de plomb, dont les briques auront 10 cm d'épaisseur, briques standards. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm 5,2 mGy/h

à 10 cm 52 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	F	$1,3.10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$2,8.10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$1,3.10^4$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 70 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 10 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,36 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ⁸⁶Rb, il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (186 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{86}Rb , émetteur β^- et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{86}Rb : $\pm 55 \%$

1 cps \approx 1,8 Bq pour une surface de $\pm 6 \text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,6 Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{86}Rb : $\pm 2 \%$

1 cps \approx 50 Bq pour une surface de $\pm 8 \text{ cm}^2$

1 cps \approx 6,3 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Le rubidium est un alcalin de degré d'oxydation + 1, dont le métabolisme est très voisin de celui du potassium ; il est très rapidement absorbé et migre dans les milieux intracellulaires.

L'absorption intestinale est totale, il se concentre, entre autres, dans les muscles et est éliminé.

Les prélèvements urinaires sont particulièrement importants car il est possible de déterminer, avec une erreur acceptable, une charge corporelle à partir du rapport activité urinaire / activité fécale.

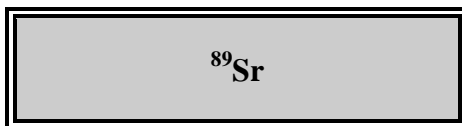
* En cas de contamination interne, le rubidium étant absorbé très rapidement, la notion d'**urgence** prédomine ; il faut considérer que tous les composés du rubidium sont **solubles**.

* En cas de contamination de plaie, la décontamination locale ne doit pas retarder l'**insolubilisation** intestinale effectuée avec une solution de bleu de Prusse (ferrocyanure ferrique), 1 g dans un peu d'eau trois fois par jour.

Dans tous les cas, il faudra **évacuer** vers un centre spécialisé, dès la thérapeutique d'urgence appliquée et les prélèvements biologiques (urines, fèces) effectués.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Période	50,65 jours
Rayonnements	β^- , γ
Energie β^- max MeV	1,492 (100%)
Energie β^- moy MeV	0,584
Energie γ MeV	0,909 (<0,001%)
Comptage externe	Geiger-Müller
Comptage interne	Urines
Période effective	50,3 jours
Organe cible	Os
Débit de dose γ à 1 m	$2,43 \cdot 10^{-5} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection β	7 mm plexiglas
Ecran de protection CDA	5 mm plomb

RECOMMANDATIONS.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiostrontium 89, dû à l'énergie du rayonnement β^- émis lors de la désintégration du couple $^{89}\text{Sr}/^{89\text{m}}\text{Y}-^{89}\text{Y}$.

Au **contact** des flacons de verre contenant la solution radioactive, les débits de dose sont moindres, du fait de l'autoabsorption par la source volumique et l'atténuation partielle des β^- par le verre du flacon.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF) en supplément du dosimètre film-badge porté au niveau de la poitrine.

Il n'est pas rare, dans un service de Médecine Nucléaire, de manipuler des activités de l'ordre de 150 MBq, à injecter à des patients.

Si l'injection aux patients est effectuée en salle d'hospitalisation, le matériel d'injection (seringues, gants...) est transporté dans des boîtes blindées, le retour du matériel (déchets) s'effectue à l'aide de la boîte blindée de transport.

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 0,7 mm de verre ou 1,3 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 5 cm de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Contamination et irradiation interne : étant donné la grande énergie des rayonnements β^- et γ émis lors de la désintégration du $^{89}\text{Sr}/^{89\text{m}}\text{Y}$, des contaminations de l'ordre de 37 kBq peuvent délivrer des doses significatives aux personnes contaminées.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	F	$1,4.10^{-9}$ Sv/Bq
	S	$5,6.10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,300$	$2,6.10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,010$	$2,3.10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	125.10^2 Bq/m ³
	M	20.10^2 Bq/m ³
	S	16.10^2 Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 66 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 10 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,38 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ⁸⁹Sr, il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (510 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{89}Sr , émetteur β^- est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{89}Sr : $\pm 50\%$

1 cps \approx 2 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,3 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

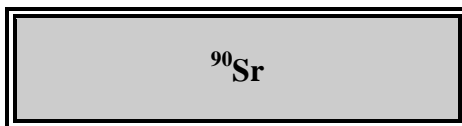
* Le métabolisme du strontium, alcalino-terreux, est très comparable à celui du calcium. La plupart des sels sont solubles, absorbés rapidement et fixés dans le squelette.

* Thérapeutique : quels que soient la voie d'introduction (inhalation, ingestion) et l'agent thérapeutique choisi, il faut insister sur l'urgence de la mise en oeuvre du traitement. Le principe général du traitement réside dans l'**insolubilisation** du strontium.

En cas de plaie contaminée, l'insolubilisation sur place est possible et efficace, surtout si elle est pratiquée pendant le premier quart d'heure (rhodizonate de K ou de Na).

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Période	28,15 ans
Rayonnement	β^-
Energie β^- max MeV	0,523 (<0,1%), 0,546 (100%), 2,284 (100%)
Energie β^- moy MeV	0,188 - 0,196 - 0,939
Comptage externe	Geiger-Müller
Comptage interne	Urines
Période effective	15,6 ans
Organe cible	Os
Ecran de protection	1 cm plexiglas

RECOMMANDATIONS.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiostrontium 90, dû à l'énergie des rayonnements β^- émis lors de la désintégration du couple $^{90}\text{Sr} / ^{90}\text{Y}$.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Les interactions des rayonnements β^- avec la matière sont optimales avec les matériaux légers (plexiglas, verre, aluminium...) ; généralement pour des raisons de commodité, on utilise comme moyen de protection des écrans de plexiglas (parcours du rayonnement β^- du ^{90}Sr / ^{90}Y dans le plexiglas : 9,2 mm), un écran de plexiglas de 1 cm d'épaisseur arrêtera quasi tous les rayonnements β^- émis par la source.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que les interactions des rayonnements β^- avec la matière génèrent des photons de freinage (Bremsstrahlung). De ce fait, la manipulation de 370 MBq et plus de ^{90}Sr requiert en plus de l'écran de plexiglas, un écran supplémentaire de plomb (1 mm) qui sera placé entre l'écran primaire et le manipulateur de manière à atténuer le rayonnement de freinage.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Contamination et irradiation interne.

Etant donné la grande énergie des rayonnements β^- émis lors de la désintégration du couple ^{90}Sr / ^{90}Y , des contaminations de l'ordre de 37 kBq peuvent délivrer des doses significatives aux personnes contaminées.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	F	$3,0 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq
	S	$7,7 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,300$	$2,8 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,010$	$2,7 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$5,2 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	M	$3,5 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	S	$0,78 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 130 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,36 \cdot 10^2$ Bq/l à ne pas atteindre, pour les composés solubles.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{90}Sr , émetteur β^- est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$: $\pm 60\%$

1 cps \approx 1,7 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,3 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Le métabolisme du strontium, alcalino-terreux, est très comparable à celui du calcium. La plupart des sels sont solubles, absorbés rapidement et fixés dans le squelette.

* Thérapeutique : quels que soient la voie d'introduction (inhalation, ingestion) et l'agent thérapeutique choisi, il faut insister sur l'urgence de la mise en oeuvre du traitement. Le principe général du traitement réside dans l'**insolubilisation** du strontium.

En cas de plaie contaminée, l'insolubilisation sur place est possible et efficace, surtout si elle est pratiquée pendant le premier quart d'heure (rhodizonate de K ou de Na).

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Période	2,67 jours
Rayonnement	β^-
Energie β^- max MeV	0,523 (<0,1%), 2,284 (100%)
Energie β^- moy MeV	0,188 - 0,939
Comptage externe	Geiger-Müller
Comptage interne	Urines
Période effective	64 heures
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Ecran de protection	1 cm plexiglas *

* Pour des activités ≥ 370 MBq un écran de Pb doit être additionné à l'écran de plexiglas afin d'absorber les photons de freinage produits dans le matériau léger.

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation du radioyttrium 90 risqué dû à l'énergie du rayonnement β^- .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 5 mm de verre ou 9,2 mm de plexiglas.

Les interactions des rayonnements β^- avec la matière sont optimales avec les matériaux légers (plexiglas, verre, aluminium...) ; généralement pour des raisons de commodité, on utilise comme moyen de protection des écrans de plexiglas, un écran de plexiglas de 1 cm d'épaisseur arrêtera tous les rayonnements β^- émis par la source.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que les interactions des rayonnements β^- avec la matière génèrent des photons de freinage (Bremsstrahlung). De ce fait, la manipulation de 370 MBq et plus de ^{90}Y requiert en plus de l'écran de plexiglas, un écran supplémentaire de plomb (1 mm) qui sera placé entre l'écran primaire et le manipulateur de manière à atténuer le rayonnement de freinage.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	M	$1,6 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
	S	$1,7 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,0 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	M	$89 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	S	$83 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 75 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 100 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,37 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ⁹⁰Y, il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (27 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{90}Y , émetteur β^- est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{90}Y : $\pm 60\%$

1 cps \approx 1,7 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,3 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

De manière générale, on peut dire qu'un nettoyage à l'**eau tiède** avec du savon ou un détergent est préconisé.

* Dans le cas de contamination de surfaces, les détergents de laboratoire ou des crèmes légèrement abrasives sont souvent utilisés avec succès.

* En aucun cas, les tabliers de laboratoire contaminés ne seront remis au nettoyage, ceux-ci seront conservés pour décroissance totale de la radioactivité et ensuite nettoyés.

* Un contrôle urine doit être réalisé en suite à toute contamination accidentelle de personne, dans ce cas, prendre contact avec le SUCPR .

* L'yttrium 90 se comporte comme un terre rare (série du La), l'absorption digestive est très faible. Le dépôt se fait au niveau de l'os et du foie. Les sels solubles sont essentiellement les nitrates, chlorures, acétates et citrates.

* Traitement des contaminations internes : la période physique de courte durée (64h) fait que les contaminations internes de faible importance, par voie digestive principalement, ne nécessitent pas de traitement.

Dans le cas contraire ou dans le doute : administrer de l'acide diéthylène triamino pentaacétique (DTPA) : 0,5g par voie intraveineuse lente.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{99m}Tc

	^{99}Mo	^{99m}Tc
Période	2,75 jours	6,0 heures
Rayonnements	β^- , X, γ	e^- , X, γ
Energie e^- MeV	-	0,120 (9%), 0,138 (1%)
Energie β^- max MeV	0,436 (17%), 0,848 (1%), 1,214 (82%)	-
Energie β^- moy MeV	0,133 - 0,290 - 0,443	-
Energie X en MeV	0,018 (3%), 0,0184 (6%), 0,021 (2%)	0,018 (6%), 0,021 (1%)
Energie γ MeV	0,140 (91%), 0,181 (6%), 0,739 (12%), 0,778 (4%)	0,1405 (89%)
Comptage externe	NaI.Tl	NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre	Anthropogammamètre
Période effective	37 heures	6 heures
Organe cible	Reins Tractus gastro-intestinal	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	$4,136 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$	$2,43 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	6 mm plomb	0,3 mm plomb

* en équilibre avec ^{99m}Tc

Le technétium ^{99m}Tc , étant donné ses propriétés chimiques et radiochimiques, est particulièrement favorable à l'application sur le plan clinique en Médecine Nucléaire.

Cet isotope est issu de la transition isobarique β^- du ^{99}Mo , obtenu par irradiation neutronique du ^{98}Mo .

La séparation $^{99}\text{Mo} - ^{99m}\text{Tc}$ est réalisée au moyen d'une colonne chromatographique appelée générateur isotopique.

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiotechnétium ^{99m}Tc , risque principalement dû aux activités manipulées ; en effet, dans un service de Médecine Nucléaire, il n'est pas rare d'éluier journallement 18,5 GBq et plus, les activités injectées aux patients sont de l'ordre de 370 à 740 MBq.

La préparation des différentes molécules, en laboratoire chaud, derrière des écrans de plomb et/ou des vitres au plomb, permet de limiter les doses reçues par le personnel paramédical ou technique qualifié. Le caractère routinier de ces manipulations demande une surveillance continue et attentive de la dose absorbée au niveau du corps entier ; de plus, à tout moment, la dose absorbée au niveau des doigts doit être vérifiée et comptabilisée (bague + LiF).

Les préparations de ^{99m}Tc seront stockées dans des conteneurs en plomb (ou en verre au plomb) de manière à réduire la dose aux mains, mais aussi stockées dans un château de plomb de manière à réduire au minimum le débit de dose dans le laboratoire.

Lors des injections des radiopharmaceutiques aux patients, la dose reçue aux doigts et aux mains peut être importante. Une surveillance particulière doit être consacrée à cette opération ; si le port de gants protège d'une contamination radioactive, il n'offre aucune protection contre l'irradiation γ .

Seringue	au contact	à 50 cm
sans blindage	110 mGy	46 μGy
avec 2 mm tungstène	200 μGy	LD
avec 8 mm plomb	3 μGy	LD

Dose / 37 MBq.min pour une seringue de 2 ml, 0,5 ml de solution.

réf : Revue IRE vol 7 n° 2 Page 6.

Si l'injection aux patients est effectuée en salle d'hospitalisation, le matériel d'injection (seringues, gants...) est transporté dans des boîtes blindées, le retour du matériel (déchets) s'effectue à l'aide de la boîte blindée de transport.

Tout patient hospitalisé examiné au Service de Médecine Nucléaire, réintégrera sa chambre muni des informations nécessaires concernant le radioélément et les précautions à prendre avec les échantillons de sang, d'urine etc...

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les e^- , il faut 0,1 mm de verre ou 0,2 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 3 mm de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	8,99 mGy/h
à 10 cm	89,9 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	F	$2,0.10^{-11}$ Sv/Bq
	M	$2,9.10^{-11}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,800$	$2,2.10^{-11}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$10,4.10^5$ Bq/m ³
	M	$6,6.10^5$ Bq/m ³
	S	$6,25.10^5$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 9,1 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission d'électrons.

Bien que la période du ^{99m}Tc soit courte, toute contamination radioactive constatée doit être éliminée le plus rapidement possible, il ne faut pas perdre de vue que la répétition journalière des manipulations, et des contaminations résultantes risque de conduire non seulement à des irradiations importantes de l'épiderme, mais aussi à des contaminations internes par ingestion par exemple.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par anthropogammamétrie

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de 45.10³ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{99m}Tc , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (2,5 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{99m}Tc , émetteur γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{99m}Tc : $\pm 12 \%$

1 cps \approx 8,3 Bq pour une surface de $\pm 8 \text{ cm}^2$

1 cps \approx 1 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* La répartition et l'élimination du technétium dans l'organisme est fonction de la molécule chimique dans laquelle il se trouve, si celle-ci est stable in vivo.

L'administration du pertechnétate est suivie d'une élimination par voie urinaire importante, $\pm 30 \%$ le premier jour, s'abaissant rapidement à 1% par jour la première semaine.

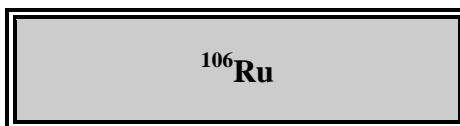
La courte période du ^{99m}Tc rend toute thérapeutique illusoire.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

* Dans le cas particulier du ^{99m}Tc , ce serait une erreur de ne compter que sur la brièveté de la période de ce radioisotope. En effet, si une période de 6 heures permet de réduire le niveau de contamination d'un objet ou d'un lieu de travail, la répétition journalière des manipulations risque de conduire à des contaminations internes par ingestion ou inhalation.

* Détecter et éliminer immédiatement toute trace d'activité est la meilleure façon d'éviter les incidents ou les accidents.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Période	372,6 jours
Rayonnements	β^- , γ
Energie β^- max MeV	0,039 (100 %), 1,979* (2 %) 3,029 (8%), 3,541 (79%)
Energie β^- moy MeV	0,010 - 0,778 - 0,978 1,263 - 1,505
Energie γ MeV	0,512 (21%), 0,616 (0,7%), 0,622 (10%), 1,050 (1,5%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	2,4 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	$3,406 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}^*$
Ecran de protection CDA	$\approx 7 \text{ mm plomb}$

* La désintégration du ^{106}Ru donne le ^{106}Rh , émetteur β^- et γ de période radioactive égale à 30 secondes.

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radioruthénium 106, risque dû à l'énergie du rayonnement β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter les β^- , il faut 8,9 mm de verre ou 1,6 cm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 7 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur 37 MBq et plus seront faites à l'abri d'un château de plomb, dont les briques auront 5 cm d'épaisseur au minimum. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	12,6 mGy/h
à 10 cm	126 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	F	$9,8.10^{-9}$ Sv/Bq
	M	$1,7.10^{-8}$ Sv/Bq
	S	$3,5.10^{-8}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,050$	$7,0.10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	16 Bq/m ³
	M	4,4 Bq/m ³
	S	1,9 Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 83 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- du ¹⁰⁶Ru et du ¹⁰⁶Rh.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,14 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{106}Ru , émetteur β^- et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{106}Ru : $\pm 60\%$

1 cps $\approx 1,7$ Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps $\approx 0,3$ Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{106}Ru : $\pm 3\%$

1 cps ≈ 33 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps ≈ 4 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{111}In

Période	2,8 jours
Rayonnements	e^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,145 (8,5%), 0,219 (5%)
Energie X MeV	0,023 (69%), 0,026 (12%), 0,027 (2%)
Energie γ MeV	0,171 (90%), 0,245 (94%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	2,7 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose à 1 m	$7,78 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	0,9 mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe totale ou partielle est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radioindium 111, risque principalement dû aux activités manipulées ; en effet, dans un service de Médecine Nucléaire, il n'est pas rare de manipuler des activités de l'ordre de 20 MBq à injecter à des patients et ce, plusieurs fois par jour.

Lors des injections des radiopharmaceutiques aux patients, la dose reçue aux doigts et aux mains peut être importante. Une surveillance particulière doit être consacrée à cette opération ; si le port de gants protège d'une contamination radioactive, il n'offre aucune protection contre l'irradiation γ .

Si l'injection aux patients est effectuée en salle d'hospitalisation, le matériel d'injection (seringues, gants...) est transporté dans des boîtes blindées, le retour du matériel (déchets) s'effectue à l'aide de la boîte blindée de transport.

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb, les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 9 mm de plomb.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm 28,8 mGy/h

à 10 cm 288 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	F	$2,2 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
	M	$3,1 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,020$	$2,9 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$96 \cdot 10^3$ Bq/m ³
	M	$54 \cdot 10^3$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1 .

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 14 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission d'électrons.

Bien que la période du ¹¹¹In soit courte, toute contamination radioactive constatée doit être éliminée le plus rapidement possible, il ne faut pas perdre de vue que la répétition journalière des manipulations et des contaminations résultantes risque de conduire non seulement à des irradiations importantes de l'épiderme, mais aussi à des contaminations internes par ingestion par exemple.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $3,4 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{111}In , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (28 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{111}In , émetteur d'électrons, X et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les e^- du ^{111}In : $\pm 15\%$

1 cps ≈ 7 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps ≈ 1 Bq/cm 2

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{111}In : $\pm 31\%$

1 cps $\approx 3,2$ Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps $\approx 0,4$ Bq/cm 2

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Le métabolisme extrapolé de l'expérimentation animale est le suivant : l'absorption digestive est faible, par les autres voies, l'absorption est \geq à 50 %.

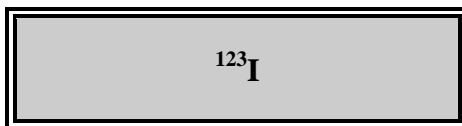
Le dépôt est surtout important au niveau des reins, du foie, de la rate et des glandes salivaires ; on note également un dépôt au niveau du squelette.

* Thérapeutique : la courte période effective du radioindium 111 (2,7 jours) limite le geste thérapeutique.

Connaissant l'efficacité du ferrocyanure ferrique (Bleu de Prusse) sur le Thallium (analogue de l'Indium), on peut supposer la même efficacité pour l'Indium.

* Détecter et éliminer immédiatement toute trace d'activité est la meilleure façon d'éviter les incidents ou les accidents.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



L'iode 123 est un des isotopes radioactifs de l'iode couramment utilisé en diagnostic médical in vivo.

Période	13,2 heures
Rayonnements	e^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,127 (14%), 0,154 (2%), 0,158 (0,4%)
Energie X MeV	0,027 (71%), 0,031 (13%), 0,032 (3%)
Energie γ MeV	0,159 (83%), 0,440 (0,4%), 0,529 (1,4%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	0,54 jours
Organe cible	Thyroïde
Débit de dose γ à 1 m	$4,379 \cdot 10^{-2}$ mGy/h.MBq
Ecran de protection CDA	$\approx 0,9$ mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe totale ou partielle, due à la manipulation des sources d'activité ≥ 185 MBq de radioiode 123 peut être maîtrisée en utilisant des blindages adéquats (4 cm de plomb atténuant les rayonnements X et γ d'un facteur 1000) et en manipulant les sources à l'aide de pinces.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les e^- , il faut 0,1 mm de verre ou 0,23 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 9 mm de plomb.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb, les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm 16,2 mGy/h

à 10 cm 162 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	F	$1,1 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$2,1 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$1,7 \cdot 10^5$ Bq/m ³
	M	$1,9 \cdot 10^5$ Bq/m ³
	S	$2,1 \cdot 10^5$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

Contamination par inhalation :

La volatilité de l'iode et sa grande affinité pour la thyroïde doivent faire l'objet de la plus grande attention des manipulateurs ; environ 30% de l'iode soluble (iodure) inhalé (et/ou ingéré) se fixe dans la **thyroïde**.

La captation rapide de l'iode ingéré par la thyroïde peut exposer celle-ci, même dans le cas de faible niveau de contamination de l'air respiré, à des doses importantes de rayonnement.

La limite de dose pour la thyroïde est fixée à 500 mSv/12 mois consécutifs glissants, il ne faut cependant jamais perdre de vue que les doses doivent être maintenues à un niveau aussi bas que raisonnablement possible (ALARA).

Les contaminations atmosphériques en radioiode sont constatées lors de manipulations de solutions d'iodures, ces contaminations atmosphériques ne se produisent pas avec des molécules marquées.

Des mesures régulières de **contamination de la thyroïde** doivent être effectuées chez les manipulateurs de radioiode sous forme d'iodure, ce contrôle régulier **s'impose** tout particulièrement si les activités manipulées sont importantes (≥ 185 MBq/semaine).

De ce qui précède, on conçoit aisément que toute manipulation de marquage de molécule à l'aide d'iodure **doit** s'effectuer sous hotte, y compris l'ouverture du flacon contenant le radioiode.

La vitesse frontale de l'air, au droit de la guillotine de la hotte, pour une ouverture de ± 60 cm, doit être au **minimum** de **0,5 m/s**, il va de soi que la vitre de la hotte, en cours de manipulation, doit être abaissée au maximum pour faire écran devant le visage, compte tenu des facilités d'accès pour le travail. **En aucun cas**, le manipulateur n'introduira la tête à l'intérieur de la hotte.

Le respect de toutes les recommandations limitera le risque de contamination interne par inhalation.

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 15 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission d'électrons.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination thyroïdienne éventuelle.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $4,8 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

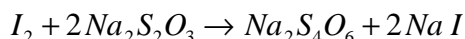
N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{123}I , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (6 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Les déchets liquides contenant les ions iodures seront stabilisés par addition d'une solution alcaline diluée de thiosulfate, afin d'éviter la production d'iode élémentaire, source de contamination atmosphérique.



Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{123}I , émetteur d'électrons, X et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les e^- du ^{123}I : $\pm 15\%$

1 cps \approx 7 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps \approx 1 Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{123}I : $\pm 29\%$

1 cps \approx 3,5 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,43 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* La concentration en iode est maximum en 24 heures après l'administration in vivo de radioiode. La fraction transférée à la thyroïde est d'environ 30% (thyroïde non pathologique).

Le traitement des radiocontaminations par l'iode est simple : il consiste à charger, **le plus rapidement possible**, la thyroïde en iode stable. La vitesse de saturation en iode de la thyroïde étant en rapport direct avec la quantité de l'apport, une posologie élevée donnera une meilleure protection : 100 mg d'iode per os sous forme de KI (130 mg).

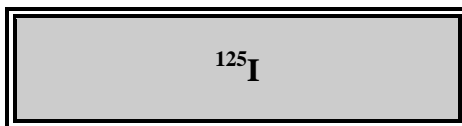
La rapidité de mise en oeuvre de la thérapeutique conditionne son efficacité. On protège complètement la thyroïde en administrant de l'iode stable **avant** la contamination par le radioiode, la charge résiduelle en radioiode **augmente avec le délai** : traitement contemporain de la contamination : 10%

traitement différé de 4 heures : 50%

après 24 heures : dépôt inchangé, dans ce cas, on joue sur la dilution isotopique.

- * Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.
- * Dans le cas particulier de l'iode 123, ce serait une erreur de ne compter que sur la brièveté de la période de ce radioisotope. En effet, si une période de 13,3 heures permet de réduire fortement le niveau de contamination d'un objet ou d'un lieu de travail, la répétition journalière des manipulations risque de conduire à des contaminations internes par ingestion ou inhalation.
- * Détecter et éliminer immédiatement toute trace d'activité détectée est la meilleure façon d'éviter les incidents ou les accidents.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



L'iode 125 est un des isotopes radioactifs de l'iode le plus utilisé en recherches biochimiques et médicales ainsi qu'en diagnostic médical in vivo et in vitro.

Période	59,9 jours
Rayonnements	e^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,004 (79%), 0,023 (20%), 0,031 (11%), 0,0345 (3%)
Energie X MeV	0,027 (40%), 0,0274 (74%), 0,031 (21%), 0,032 (4%)
Energie γ MeV	0,035 (6,7%)
Comptage externe	NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre
Période effective	42 jours
Organe cible	Thyroïde
Débit de dose γ à 1 m	$3,162 \cdot 10^{-2}$ mGy/h.MBq
Ecran de protection CDA	0,02 mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe totale ou partielle, due à la manipulation des sources d'activité ≥ 185 MBq de radioiode 125 peut être maîtrisée en utilisant des blindages adéquats et en manipulant les sources à l'aide de pinces.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 185 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF) en supplément du dosimètre film-badge porté au niveau de la poitrine.

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 0,2 mm de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	11,7 mGy/h
à 10 cm	117 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	F	$7,3 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$1,5 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$24 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	M	$89 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	S	$3,3 \cdot 10^4$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination par inhalation :

La volatilité de l'iode et sa grande affinité pour la thyroïde doivent faire l'objet de la plus grande attention des manipulateurs ; environ 30% de l'iode soluble (iodure) inhalé (et/ou ingéré) se fixe dans la **thyroïde**.

La captation rapide de l'iode ingéré par la thyroïde peut exposer celle-ci, même dans le cas de faible niveau de contamination de l'air respiré, à des doses importantes de rayonnement.

La limite de dose pour la thyroïde est fixée à 500 mSv/12 mois consécutifs glissants, il ne faut cependant jamais perdre de vue que les doses doivent être maintenues à un niveau aussi bas que raisonnablement possible (ALARA).

Les contaminations atmosphériques en radioiode sont constatées lors de manipulations de solutions d'iodures, ces contaminations atmosphériques ne se produisent pas avec des molécules marquées.

Des mesures régulières de **contamination de la thyroïde** doivent être effectuées chez les manipulateurs de radioiode sous forme d'iodure, ce contrôle régulier **s'impose** tout particulièrement si les activités manipulées sont importantes (≥ 185 MBq/semaine).

De ce qui précède, on conçoit aisément que toute manipulation de marquage de molécule à l'aide d'iodure **doit** s'effectuer sous hotte, y compris l'ouverture du flacon contenant le radioiode.

La vitesse frontale de l'air, au droit de la guillotine de la hotte, pour une ouverture de ± 60 cm, doit être au **minimum** de **0,5 m/s**, il va de soi que la vitre de la hotte, en cours de manipulation, doit être abaissée au maximum pour faire écran devant le visage, compte tenu des facilités d'accès pour le travail. **En aucun cas**, le manipulateur n'introduira la tête à l'intérieur de la hotte.

Le respect de toutes les recommandations limitera le risque de contamination interne par inhalation.

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 780 μ Gy/h à l'épiderme, dû à l'émission d'électrons.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination thyroïdienne éventuelle.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de 67 Bq/l à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

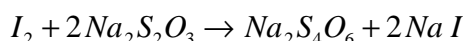
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : les déchets liquides contenant les ions iodures seront stabilisés par addition d'une solution alcaline diluée de thiosulfate, afin d'éviter la production d'iode élémentaire, source de contamination atmosphérique.



Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{125}I , émetteur X et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les X et γ du ^{125}I : $\pm 33\%$

1 cps \approx 3 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,38 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* La concentration en iode est maximum en 24 heures après l'administration in vivo de radioiode. La fraction transférée à la thyroïde est d'environ 30% (thyroïde non pathologique).

Le traitement des radiocontaminations par l'iode est simple : il consiste à charger, **le plus rapidement possible**, la thyroïde en iode stable. La vitesse de saturation en iode de la thyroïde étant en rapport direct avec la quantité de l'apport, une posologie élevée donnera une meilleure protection : 100 mg d'iode per os sous forme de KI (130 mg).

La rapidité de mise en oeuvre de la thérapeutique conditionne son efficacité. On protège complètement la thyroïde en administrant de l'iode stable **avant** la contamination par le radioiode, la charge résiduelle en radioiode **augmente avec le délai** : traitement contemporain de la contamination : 10%

traitement différé de 4 heures : 50%

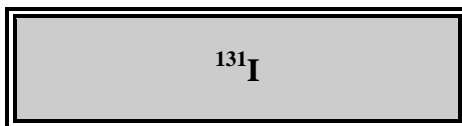
après 24 heures : dépôt inchangé, dans ce cas, on joue sur la dilution isotopique.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Remarque : auto-contrôle de la charge thyroïdienne en ^{125}I .

- Se munir d'un Minimonitor 900 sonde 44A et opérer dans un local à bas bruit de fond.
- Prendre note du bruit de fond de l'appareil, la valeur moyenne doit se situer aux alentours de 8 à 12 cps.
- La sonde de mesure doit ensuite être appliquée au contact de la peau, au niveau de la thyroïde ; attendre environ 30 secondes et noter la valeur moyenne, déduire de cette valeur la valeur du bruit de fond.
- Si le résultat obtenu est égal ou supérieur au double de la valeur du bruit de fond, il est recommandé de faire effectuer une mesure plus précise par le SUCPR.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Période	8,02 jours
Rayonnements	e^- , β^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,046 (3,5%), 0,330 (1,5%)
Energie β^- max MeV	0,248 (2%), 0,334 (7%), 0,606 (90%)
Energie β^- moy MeV	0,069 - 0,097 - 0,192
Energie X MeV	0,029 (1,5%), 0,030 (2,8%)
Energie γ MeV	0,080 (3%), 0,284 (6%), 0,364 (82%), 0,637 (7%), 0,723 (2%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	7,6 jours
Organe cible	Thyroïde
Débit de dose γ à 1 m	$7,055 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	3,3 mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radioiode 131, risque dû à l'énergie des rayonnements β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités doivent être portés aux doigts (bague + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les flacons seront manipulés à l'aide de pinces et on ne perdra jamais de vue que la distance à la source est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 0,8 mm de verre ou 1,6 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 3,3 cm de plomb.

Au **contact** des flacons de verre contenant la solution radioactive, les débits de dose β^- sont moindres, du fait de l'autoabsorption par la source volumique et l'atténuation partielle des β^- par le verre du flacon.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	26,1 mGy/h
à 10 cm	261 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	F	$1,1 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$2,2 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$17 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	M	$52 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	S	$78 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination par inhalation :

La volatilité de l'iode et sa grande affinité pour la thyroïde doivent faire l'objet de la plus grande attention des manipulateurs ; environ 30% de l'iode soluble (iodure) inhalé (et/ou ingéré) se fixe dans la **thyroïde**.

La captation rapide de l'iode ingéré par la thyroïde peut exposer celle-ci, même dans le cas de faible niveau de contamination de l'air respiré, à des doses importantes de rayonnement.

La limite de dose pour la thyroïde est fixée à 500 mSv/12 mois consécutifs glissants, il ne faut cependant jamais perdre de vue que les doses doivent être maintenues à un niveau aussi bas que raisonnablement possible (ALARA).

Les contaminations atmosphériques en radioiode sont constatées lors de manipulations de solutions d'iodures, ces contaminations atmosphériques ne se produisent pas avec des molécules marquées.

Des mesures régulières de **contamination de la thyroïde** doivent être effectuées chez les manipulateurs de radioiode sous forme d'iodure, ce contrôle régulier **s'impose** tout particulièrement si les activités manipulées sont importantes (≥ 185 MBq/semaine).

De ce qui précède, on conçoit aisément que toute manipulation de marquage de molécule à l'aide d'iodure **doit** s'effectuer sous hotte, y compris l'ouverture du flacon contenant le radioiode.

La vitesse frontale de l'air, au droit de la guillotine de la hotte, pour une ouverture de ± 60 cm, doit être au **minimum** de **0,5 m/s**, il va de soi que la vitre de la hotte, en cours de manipulation, doit être abaissée au maximum pour faire écran devant le visage, compte tenu des facilités d'accès pour le travail. **En aucun cas**, le manipulateur n'introduira la tête à l'intérieur de la hotte.

Le respect de toutes les recommandations limitera le risque de contamination interne par inhalation.

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 60 mGy/h à l'épiderme, dû aux émissions d'électrons et de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination thyroïdienne éventuelle.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de 45 Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

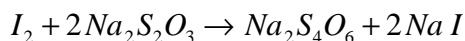
Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{131}I , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (80 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Un stockage plus ou moins prolongé, éliminera toute radioactivité, le déchet décru pourra être traité comme déchet classique.

Les déchets liquides contenant les ions iodures seront stabilisés par addition d'une solution alcaline diluée de thiosulfate, afin d'éviter la production d'iode élémentaire, source de contamination atmosphérique.



Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{131}I , émetteur β^- et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{131}I : $\pm 35\%$

1 cps \approx 3 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,5 Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{131}I : $\pm 4\%$

1 cps \approx 25 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps \approx 3 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* La concentration en iode est maximum en 24 heures après l'administration in vivo de radioiode. La fraction transférée à la thyroïde est d'environ 30% (thyroïde non pathologique).

Le traitement des radiocontaminations par l'iode est simple : il consiste à charger, **le plus rapidement possible**, la thyroïde en iode stable. La vitesse de saturation en iode de la thyroïde étant en rapport direct avec la quantité de l'apport, une posologie élevée donnera une meilleure protection : 100 mg d'iode per os sous forme de KI (130 mg).

La rapidité de mise en oeuvre de la thérapeutique conditionne son efficacité. On protège complètement la thyroïde en administrant de l'iode stable **avant** la contamination par le radioiode, la charge résiduelle en radioiode **augmente avec le délai** : traitement contemporain de la contamination : 10%

traitement différé de 4 heures : 50%

après 24 heures : dépôt inchangé, dans ce cas, on joue sur la dilution isotopique.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

* Détecter et éliminer immédiatement toute trace d'activité détectée est la meilleure façon d'éviter les incidents ou les accidents.

Protection de la thyroïde par absorption d'iode stable.

1 - Contamination accidentelle.

Il n'existe qu'une seule thérapeutique, à l'heure actuelle : charger immédiatement la thyroïde en iode stable.

Pour ce faire, on peut donner "per os" 130 mg d'iodure de potassium (KI) ou 118 mg d'iodure de sodium (NaI), ou encore quelques gouttes de teinture d'iode diluée dans l'eau.

Plus la thérapeutique est précoce, plus elle est efficace.

Dans le cas de molécules marquées, la fixation des niveaux auxquels une action devrait être envisagée, dépend de la stabilité des molécules. Par sécurité, il vaut mieux considérer que la molécule se dégrade et que l'iode va se comporter comme s'il était libre.

2 - Contamination chronique.

La manipulation de solutions de NaI, notamment pour les opérations de marquage, donne lieu à l'émission d'iode libre, ce qui entraîne, chez ces travailleurs, des contaminations de la thyroïde.

Certains auteurs (1) recommandent des mesures de l'activité de la thyroïde à intervalles réguliers, par exemple pour les manipulations de 370 MBq/sem de composés radioiodés susceptibles de dégager leur iode sous forme libre : une mesure mensuelle de la thyroïde s'impose. Lorsque des activités de moins de 37 MBq/sem sont manipulées, un contrôle trimestriel ou semestriel, selon le type de travail effectué, est suffisant.

Si, en cas d'accident, l'administration d'iode stable sous forme de NaI, KI ou d'iodate dans les 3-4 heures suivantes s'avère indispensable comme thérapeutique (2), l'avis de certains auteurs est tout autre en cas de contamination chronique.

S.F.Colard (3) signale que l'administration préventive d'iode stable aux travailleurs en contact avec le radioiode n'est pas recommandé ; cette pratique peut donner une fausse impression de sécurité au manipulateur et être responsable d'un certain relâchement des précautions indispensables en zone contrôlée.

D'autre part, le même auteur signale qu'il ne serait pas impossible que l'ingestion de doses importantes d'iode stable, durant des années, altère la santé de ces travailleurs.

J.A.Bonnell, dans une publication plus récente (2), écrit que l'administration d'iode stable, pour la protection de personnes professionnellement exposées, doit être condamnée. La protection de ce groupe de travailleurs, exposé au radioiode, doit être réalisée par les **moyens de la radioprotection seule**, c'est-à-dire des conditions de travail qui excluent le risque de contamination de l'atmosphère.

En conclusion, l'administration d'iode stable, pour les cas de contamination chronique de la thyroïde, **doit être proscrite**. Seul le respect des règles de bonne pratique dans un laboratoire chaud, doit assurer la sécurité des travailleurs exposés au risque de contamination interne.

Des mesures régulières de la charge thyroïdienne doivent être réalisées par le Service de Contrôle Physique des Radiations

Bibliographie.

(1) Kiviniitty et al.

Health Physics **46** n°1 pp 234-236 1984

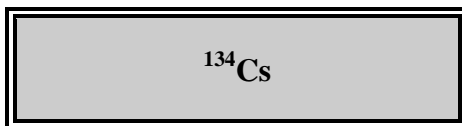
(2) J.A.Bonnell

Health Physics **45** n°1 pp 179-180 1983

(3) J.F.Colard et al.

Health Physics **11** pp 23-35 1965

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Période	2,07 ans
Rayonnements	β^- , γ
Energie β^- max MeV	0,089 (27%), 0,415 (2,5%), 0,658 (70%)
Energie β^- moy MeV	0,023 - 0,123 - 0,210
Energie γ MeV	0,563 (8%), 0,569 (15%), 0,605 (98%), 0,796 (86%), 0,802 (9%), 1,365 (3%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	65 jours
Organe cible	Tout le corps
Débit de dose γ à 1 m	0,243 $\mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	0,81 cm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiocésium 134, risque dû à l'énergie des rayonnements β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 1,1 mm de verre ou 2 mm de plexiglas ; pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 8,1 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur 37 MBq et plus seront faites à l'abri d'un château de plomb, dont les briques auront 5 cm d'épaisseur au minimum. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	89,9 mGy/h
à 10 cm	899 μ Gy/h

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose $\beta + \gamma$:

à 1 cm	$\pm 2,43$ Gy/h
à 10 cm	$\pm 24,3$ mGy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μm)	F	$9,6 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$1,9 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$19 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	M	$14 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	S	$6,25 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 50 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 0,1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,53 \cdot 10^2$ Bq/l à ne pas atteindre.

Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.

Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.

- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{134}Cs , émetteur β^- et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{134}Cs : ± 30 %

1 cps $\approx 3,3$ Bq pour une surface de ± 6 cm²

1 cps $\approx 0,55$ Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{134}Cs : ± 3 %

1 cps ≈ 33 Bq pour une surface de ± 8 cm²

1 cps ≈ 4 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Le césium est un alcalin, de degré d'oxydation +1, dont le métabolisme est très proche de celui du potassium ; il est très rapidement absorbé et migre dans les milieux intracellulaires.

L'absorption intestinale est totale, il se concentre, entre autres, dans les muscles et est éliminé avec une période biologique variant de 50 à 150 jours.

Les prélèvements urinaires sont particulièrement importants car il est possible de déterminer, avec une erreur acceptable, une charge corporelle à partir du rapport activité urinaire/activité fécale.

* En cas de contamination interne, le césium étant absorbé très rapidement, la notion d'**urgence** prédomine ; il faut considérer que tous les composés du césium sont **solubles**.

* En cas de contamination de plaie, la décontamination locale ne doit pas retarder l'**insolubilisation** intestinale effectuée avec une solution de bleu de Prusse (ferrocyanure ferrique), 1g dans un peu d'eau trois fois par jour.

Dans tous les cas, il faudra **évacuer** vers un centre spécialisé, dès la thérapeutique d'urgence appliquée et les prélèvements biologiques (urines, fèces) effectués.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{137}Cs

Période	30,15 ans
Rayonnements	e^- , β^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,624 (8%), 0,656 (1%), 0,660 (0,3%)
Energie β^- max MeV	0,512 (95%), 1,173 (5%)
Energie β^- moy MeV	0,174 - 0,415
Energie X MeV	0,032 (5%), 0,036 (1%)
Energie γ MeV	0,662 (85%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	70 jours
Organe cible	Tout le corps
Débit de dose γ à 1 m	$8,758 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	0,72 cm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

1) Sources scellées.

Les sources scellées de radiocésium 137 sont d'une utilisation courante en médecine (radiothérapie), sciences (irradiation, sources de calibration) et dans l'industrie (mesures de densité des sols).

Les sources scellées ont des activités qui varient de quelques dizaines de MBq à plusieurs milliers de MBq

Irradiation externe

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de sources scellées de radiocésium 137, dû à l'énergie du rayonnement γ .

Le rayonnement β^- est totalement absorbé par les enveloppes de confinement de la source.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	32,4 mGy/h
à 10 cm	324 μ Gy/h

Les informations concernant la protection contre l'irradiation lors des manipulations de sources de mesure de densité des sols sont contenues dans la brochure spécifique d'information du personnel.

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques .

Les sources scellées de radiocésium 137 ne présentent pas de risque de contamination radioactive (double encapsulage d'acier inoxydable soudé) ; néanmoins, des contrôles d'absence de contamination doivent être réalisés afin de s'assurer de l'intégrité des enveloppes de confinement.

2) Sources non scellées.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiocésium 137, risque dû à l'énergie des rayonnements β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 2,1 mm de verre ou 3,8 mm de plexiglas ; pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 7,2 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur 37 MBq et plus seront faites à l'abri d'un château de plomb, dont les briques auront 5 cm d'épaisseur au minimum. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	32,4 mGy/h
à 10 cm	324 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	F	$6,7.10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$1,3.10^{-8}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	27.10^2 Bq/m ³
	M	13.10^2 Bq/m ³
	S	$3,2.10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 58 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badger ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de 77 Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface?

Le ^{137}Cs , émetteur β^- et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD
 - * Rendement pour les β^- du ^{137}Cs : $\pm 40\%$
 - 1 cps $\approx 2,5$ Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$
 - 1 cps $\approx 0,4$ Bq/cm 2

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{137}Cs : $\pm 3\%$

1 cps \approx 33 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps \approx 4 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Le césium est un alcalin, de degré d'oxydation +1, dont le métabolisme est très proche de celui du potassium ; il est très rapidement absorbé et migre dans les milieux intracellulaires.

L'absorption intestinale est totale, il se concentre, entre autres, dans les muscles et est éliminé avec une période biologique variant de 50 à 150 jours.

Les prélèvements urinaires sont particulièrement importants car il est possible de déterminer, avec une erreur acceptable, une charge corporelle à partir du rapport activité urinaire/activité fécale.

* En cas de contamination interne, le césium étant absorbé très rapidement, la notion d'**urgence** prédomine ; il faut considérer que tous les composés du césium sont **solubles**.

* En cas de contamination de plaie, la décontamination locale ne doit pas retarder l'**insolubilisation** intestinale effectuée avec une solution de bleu de Prusse (ferrocyanure ferrique), 1g dans un peu d'eau trois fois par jour.

Dans tous les cas, il faudra **évacuer** vers un centre spécialisé, dès la thérapeutique d'urgence appliquée et les prélèvements biologiques (urines, fèces) effectués.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{169}Yb

Période	32 jours
Rayonnements	e^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,011 (8,5%), 0,034 (8%), 0,041 (10%), 0,050 (35%), 0,118 (10%), 0,120 (5%), 0,139 (13%)
Energie X MeV	0,050 (53%), 0,051 (94%), 0,058 (39%)
Energie γ MeV	0,063 (44%), 0,110 (17%), 0,131 (35%), 0,177 (22%), 0,198 (35%), 0,308 (11%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	\approx 3,9 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	$6,57 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	\approx 1,5 mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Les activités habituellement manipulées, dans un service de Médecine Nucléaire, sont de l'ordre de 37 MBq.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radioytterbium 169, risque dû à l'énergie des e^- et du rayonnement X.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les e^- et les β^- , il faut 0,1 mm de verre ou 0,3 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 1,5 cm de plomb.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que les interactions des rayonnements β^- avec la matière génèrent des photons de freinage (Bremsstrahlung).

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm 24,3 mGy/h

à 10 cm 243 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	M	$2,1.10^{-9}$ Sv/Bq
	S	$2,4.10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 5,0.10^{-4}$	$7,1.10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	M	50.10^2 Bq/m ³
	S	42.10^2 Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 37 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission d'électrons.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $1,4 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ¹⁶⁹Yb, il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (320 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{eme}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{169}Yb , émetteur d'électrons, X et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les e^- du ^{169}Yb : $\pm 15\%$

1 cps $\approx 6,7$ Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps $\approx 1\text{ Bq/cm}^2$

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les X du ^{169}Yb : $\pm 16\%$

1 cps ≈ 6 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps $\approx 0,8\text{ Bq/cm}^2$

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

*Université de Liège
Contrôle physique des
radiations*

^{169}Er

Période	9,4 jours
Rayonnements	β^- , γ
Energie β^- max MeV	0,344 (42%), 0,352 (58%)
Energie β^- moy MeV	0,098 - 1,101
Energie γ MeV	0,008 (0,2%)
Comptage externe	Geiger-Müller
Comptage interne	Urines
Période effective	9 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	-
Ecran de protection	1,0 mm plexiglas

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe, lors de la manipulation de radioerbium 169 est faible, voire négligeable, pour des activités de l'ordre de 37 MBq.

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 0,5 mm de verre ou 0,9 mm de plexiglas.

Il ne faut cependant pas perdre de vue que les interactions des rayonnements β^- avec la matière génèrent des photons de freinage (Bremsstrahlung).

Les déchets seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	M	$9,5 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 5,0 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	M	$12,5 \cdot 10^3$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 41 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 100 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $2,7 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{169}Er , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (94 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{169}Er , émetteur β^- est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{169}Er : $\pm 15\%$

1 cps \approx 6,7 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps \approx 1 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains, par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{186}Re

Période	3,8 jours
Rayonnements	e^- , β^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,063 (4%), 0,124 (6%), 0,134 (1,5%)
Energie β^- max MeV	0,939 (21,5%), 1,077 (72%)
Energie β^- moy MeV	0,309 - 0,362
Energie X MeV	0,010 (5%), 0,059 (4%), 0,063 (2%)
Energie γ MeV	0,123 (0,6%), 0,137 (9%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	\approx 2,5 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	$3,892 \cdot 10^{-3} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	\approx 0,6 mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Les activités habituellement manipulées, dans un service de Médecine Nucléaire, sont de l'ordre de 1,5 GBq.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiorhénium 186, risque dû à l'énergie du rayonnement β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 2 mm de verre ou 3,4 mm de plexiglas ; pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 6 mm de plomb.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Lors des injections des radiopharmaceutiques aux patients, la dose reçue aux doigts et aux mains peut être importante. Une surveillance particulière doit être consacrée à cette opération ; si le port de gants protège d'une contamination radioactive, il n'offre aucune protection contre l'irradiation γ .

Si l'injection aux patients est effectuée en salle d'hospitalisation, le matériel d'injection (seringues, gants...) est transporté dans des boîtes blindées, le retour du matériel (déchets) s'effectue à l'aide de la boîte blindée de transport.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm 1,44 mGy/h

à 10 cm 14,4 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	F	$7,3 \cdot 10^{-10}$ Sv/Bq
	M	$1,2 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,800$	$1,5 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$2,4 \cdot 10^4$ Bq/m ³
	M	$114 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 67 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 10 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,67 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{186}Re , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (38 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{186}Re , émetteur β^- , X, et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD
 - * Rendement pour les β^- du ^{186}Re : ± 45 %
 - 1 cps \approx 2 Bq pour une surface de $\pm 6 \text{ cm}^2$
 - 1 cps \approx 0,3 Bq/cm²
- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A
 - * Rendement pour les γ du ^{186}Re : ± 12 %
 - 1 cps \approx 8 Bq pour une surface de $\pm 8 \text{ cm}^2$
 - 1 cps \approx 1 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{192}Ir

Période	73,8 jours
Rayonnements	e^- , β^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,218 (2%), 0,230 (2%), 0,238 (4,5%), 0,303 (2%)
Energie β^- max MeV	0,256 (5,5%), 0,536 (41%), 0,672 (48%)
Energie β^- moy MeV	0,071 - 0,162 - 0,209
Energie X MeV	0,062 (1%), 0,063 (2%), 0,067 (5%)
Energie γ MeV	0,296 (29 %), 0,308 (30%), 0,317 (83 %), 0,468 (48%), 0,604 (8%), 0,612 (5%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	30 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	0,129 $\mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection β^-	2 mm plexiglas
Ecran de protection CDA	0,36 cm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

1) Sources scellées.

Les sources scellées de radioiridium 192 sont d'une utilisation courante en médecine (radiothérapie), et dans l'industrie (sources de gammagraphie).

Les sources scellées ont des activités qui varient de quelques centaines de MBq à plusieurs milliers de MBq.

Irradiation externe

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de sources scellées de radioiridium 192, dû à l'énergie du rayonnement γ .

Le rayonnement β^- étant totalement absorbé par les enveloppes de confinement de la source.

En radiothérapie, on utilise des fils de ^{192}Ir , d'activité linéique connue. Dans ce cas, ne s'agissant pas de sources scellées au sens strict, le manipulateur doit se protéger contre l'irradiation β^- et γ .

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 1,1 mm de verre ou 2 mm de plexiglas, pour atténuer les photons d'un facteur 1.10^{-3} , il faut 4 cm de plomb.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose β^- / γ :

	β^-	γ
à 1 cm	$\pm 2,8 \text{ Gy/h}$	47,7 mGy/h
à 10 cm	$\pm 28 \text{ mGy/h}$	477 $\mu\text{Gy/h}$

Les informations concernant la protection contre l'irradiation lors des manipulations de sources de gammagraphie sont contenues dans la brochure spécifique d'information du personnel.

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

Les sources scellées de radioiridium 192 utilisées dans l'industrie, ne présentent pas de risque de contamination radioactive (double encapsulage d'acier inoxydable soudé) ; néanmoins, des contrôles d'absence de contamination doivent être réalisés afin de s'assurer de l'intégrité des enveloppes de confinement.

En radiothérapie, curiethérapie, les fils souples de 0,3 ou 0,5 mm de diamètre sont à considérer comme "quasi scellés". Ces fils sont coupés en fonction des besoins de la thérapie, le risque de contamination, lors de la coupe, est minime. Hors utilisation, ces sources sont disposées dans leur système de stockage.

2) Sources non scellées.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radioiridium 192, risque dû à l'énergie des rayonnements β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par **4** l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 1 mm de verre ou 2 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 5,1 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur plus de 37 MBq seront faites à l'abri d'un château de plomb dont les briques auront 5 cm d'épaisseur, briques standards. Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Si les substances radioactives doivent être stockées dans des réfrigérateurs, les conteneurs de plomb ayant servi au transport sont de bons moyens de protection.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm	44,4 mGy/h
à 10 cm	444 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 µm)	F	$2,2 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
	M	$4,1 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
	S	$4,9 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,010$	$1,4 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$69 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	M	$24 \cdot 10^2$ Bq/m ³
	S	$19 \cdot 10^2$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 69 mGy/h à l'épiderme, dû aux émissions d'électrons et de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF).

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 0,1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $0,71 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour évacuation via l'ONDRAF.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{192}Ir , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (740 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{192}Ir , émetteur β^- , X et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{192}Ir : $\pm 35\%$

1 cps \approx 2,9 Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps \approx 0,5 Bq/cm²

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{192}Ir : $\pm 8\%$

1 cps \approx 12,5 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps \approx 1,6 Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations

^{198}Au

Période	2,7 jours
Rayonnements	e^- , β^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,329 (3%), 0,397 (1%)
Energie β^- max MeV	0,285 (1%), 0,961 (99%)
Energie β^- moy MeV	0,80 - 0,315
Energie X MeV	0,012 (1%), 0,069 (1%), 0,071 (1%)
Energie γ MeV	0,412 (96%), 0,676 (1%), 1,088 (0,2%)
Comptage externe	Geiger-Müller, NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre, Urines
Période effective	2,6 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	$6,568 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	3,6 mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radioor 198, risque dû à l'énergie du rayonnement β^- et γ .

Dans le cas de manipulations effectuées sur des activités égales ou supérieures à 37 MBq, des dosimètres extrémités **doivent être portés** (bagues + LiF).

Afin de réduire les doses extrémités, les récipients seront manipulés à l'aide de pinces ; on ne perdra jamais de vue que la distance est un des facteurs de sécurité (doubler la distance à la source revient à diviser par 4 l'intensité du rayonnement !).

Pour arrêter totalement les β^- , il faut 1,5 mm de verre ou 3 mm de plexiglas, pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 3,6 cm de plomb.

Les manipulations réalisées sur 37 MBq et plus seront faites à l'abri d'un château de plomb, dont les briques auront 5 cm d'épaisseur (briques standards). Les solutions mères seront également stockées à l'abri de telles épaisseurs de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm 24,3 mGy/h

à 10 cm 243 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	F	$3,9.10^{-10}$ Sv/Bq
	M	$9,8.10^{-10}$ Sv/Bq
	S	$1,1.10^{-9}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 0,100$	$1,0.10^{-9}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$5,9.10^4$ Bq/m ³
	M	$1,6.10^4$ Bq/m ³
	S	$1,4.10^4$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 62 mGy/h à l'épiderme, dû aux émissions d'électrons et de rayonnement β^- .

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badge ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par analyse des urines ou anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques pour évacuation ultérieure via l'ONDRAF. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 1 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $1 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ¹⁹⁸Au, il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (27 jours), il subsiste le 1/1000^{ème} de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{198}Au , émetteur β^- , X et γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur Geiger-Müller ou un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MULTIRAD

* Rendement pour les β^- du ^{198}Au : $\pm 40\%$

1 cps $\approx 2,5$ Bq pour une surface de $\pm 6\text{ cm}^2$

1 cps $\approx 0,4$ Bq/cm 2

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{198}Au : $\pm 4\%$

1 cps ≈ 25 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps ≈ 3 Bq/cm 2

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* L'absorption digestive de l'or est faible, elle n'existe que pour des sels solubles, rarement rencontrés. L'excrétion, uniquement urinaire, est quasi nulle pour les formes colloïdales stables.

La moitié environ de la partie retenue dans l'organisme se fixe dans le squelette. La période biologique de 1,5 jours correspond aux formes solubles.

Dans le cas des colloïdes, la période biologique est égale à la période radioactive.

* La thérapeutique est assez démunie en cas de contamination par de l'or, d'autant plus que ce dernier est généralement sous forme colloïdale.

Le niveau habituellement bas lors des contaminations par l'or, ainsi que la période effective courte, rendent le traitement des contaminations, par voie générale, inutile.

Dans le cas d'une contamination par voie digestive, il est souhaitable d'administrer un laxatif doux, non irritant, afin de réduire le temps d'irradiation du tube digestif.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

Université de Liège
Contrôle physique des
radiations



Le thallium 201 étant donné ses propriétés biochimiques et nucléaires est couramment utilisé en diagnostic cardiaque en Médecine Nucléaire.

Période	3,04 jours
Rayonnements	e^- , X, γ
Energie e^- MeV	0,016 (10%), 0,017 (9%), 0,052 (8%), 0,084 (16%)
Energie X MeV	0,012 (45%), 0,069 (27%), 0,071 (47%), 0,080 (16%)
Energie γ MeV	0,135 (3%), 0,167 (10%)
Comptage externe	NaI.Tl
Comptage interne	Anthropogammamètre
Période effective	2,1 jours
Organe cible	Tractus gastro-intestinal
Débit de dose γ à 1 m	$1,752 \cdot 10^{-2} \mu\text{Gy/h.MBq}$
Ecran de protection CDA	0,3 mm plomb

RECOMMANDATIONS

Les risques encourus par les manipulateurs et les moyens de protection à mettre en oeuvre sont fonction de l'activité manipulée.

Irradiation externe.

L'irradiation externe totale ou partielle est le risque le plus important encouru lors de la manipulation de radiothallium 201, risque principalement dû aux activités manipulées ; en effet, dans un service de Médecine Nucléaire, il n'est pas rare de manipuler des activités de l'ordre de 18 à 74 MBq à injecter à des patients et ce, plusieurs fois par jour.

Lors des injections des radiopharmaceutiques aux patients, la dose reçue aux doigts et aux mains peut être importante. Une surveillance particulière doit être consacrée à cette opération ; si le port de gants protège d'une contamination radioactive, il n'offre aucune protection contre l'irradiation γ .

Si l'injection aux patients est effectuée en salle d'hospitalisation, le matériel d'injection (seringues, gants...) est transporté dans des boîtes blindées, le retour du matériel (déchets) s'effectue à l'aide de la boîte blindée de transport.

Pour atténuer d'un facteur 1.10^{-3} les photons, il faut 3 mm de plomb.

Les déchets radioactifs seront stockés dans les mêmes conditions de blindage, si leur activité le requiert.

Une source "ponctuelle" de 37 MBq, sans protection donne un débit de dose γ :

à 1 cm 6,48 mGy/h

à 10 cm 64,8 μ Gy/h

Contamination et irradiation interne.

Evaluation des risques.

* Pour les personnes professionnellement exposées :

Dose efficace par unité d'activité incorporée		
par inhalation (5 μ m)	F	$7,6.10^{-11}$ Sv/Bq
par ingestion	$f_1 = 1,000$	$9,5.10^{-11}$ Sv/Bq
Limite dérivée de concentration dans l'air (2.000 h/an)		
	F	$2,8.10^5$ Bq/m ³

Clairance pulmonaire : F = rapide, M = moyenne, S = lente.

Facteur de transit intestinal = f_1

* Contamination de la peau :

une contamination de 37 kBq sur 1 cm² de peau délivre un débit de dose de l'ordre de 10 mGy/h à l'épiderme, dû à l'émission d'électrons.

Bien que la période du ²⁰¹Tl soit courte, toute contamination radioactive constatée doit être éliminée le plus rapidement possible, il ne faut pas perdre de vue que la répétition journalière des manipulations et des contaminations résultantes risque de conduire non seulement à des irradiations importantes de l'épiderme, mais aussi à des contaminations internes par ingestion par exemple.

* Surveillance du personnel :

en dehors des examens médicaux périodiques (2 X l'an) réalisés par le service de médecine du travail, la surveillance individuelle comporte :

- dosimètre film-badger ;
- dosimètres extrémités (bagues LiF) ;
- mesure de la contamination radioactive interne éventuelle par anthropogammamétrie.

* Déchets - rejets :

Déchets solides combustibles ou non : suivant la procédure classique en sacs ou en boîtes métalliques. Dans les laboratoires, suivant l'activité contenue dans les déchets, des blindages pourront être nécessaires.

Niveau de libération, pour l'élimination des déchets radioactifs solides : 10 kBq/kg.

Déchets liquides :

- aqueux : le rejet dans les éviers ordinaires est permis, il faut respecter la limite max de $10 \cdot 10^3$ Bq/l à ne pas atteindre.
Toute activité égale ou supérieure à cette limite doit être stockée dans les touries de 30 l, pour évacuation via l'ONDRAF.
Le rejet dans les éviers des activités permises ne peut se faire qu'avec l'accord préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations.
- organiques : stockage dans les touries de 30 l pour décroissance.

N.B. - Dans le cas où les substances radioactives constitutives des déchets ont une **période inférieure à six mois**, l'élimination en vue de mise en décharge ou d'incinération ne peut avoir lieu qu'après décroissance d'une durée équivalente à au moins, dix périodes, le stockage sera prolongé pendant une durée nécessaire pour assurer une décroissance quasi complète (A.R. du 20.07.2001 – art. 35.2).

Informations complémentaires : voir brochure Radioprotection : les déchets radioactifs.

Remarque : étant donné la courte période radioactive du ^{201}Tl , il y a intérêt à stocker les déchets radioactifs dans les conditions de sécurité et de ventilation requises, pour décroissance.

Après 10 périodes (30 jours), il subsiste le $1/1000^{\text{ème}}$ de l'activité initiale.

Que faire en cas de contamination radioactive accidentelle de personne et/ou de surface ?

Le ^{201}Tl , émetteur γ est facilement localisé en cas de contamination, par un détecteur à scintillation de type NaI.Tl.

En pratique, les laboratoires disposent :

- d'un compteur de type MINIMONITOR 900, sonde 44A

* Rendement pour les γ du ^{201}Tl : $\pm 10\%$

1 cps \approx 10 Bq pour une surface de $\pm 8\text{ cm}^2$

1 cps \approx 1,3Bq/cm²

* Si une contamination radioactive de personne est précisée, sur les mains par exemple, elle doit être éliminée le plus rapidement possible (voir brochure Radioprotection : les radioisotopes).

Eviter d'irriter la peau durant le processus.

* Dans le cas de contaminations de surfaces, les détergents de laboratoire sont souvent utilisés, ainsi que des crèmes légèrement abrasives. On pourra, le cas échéant, utiliser des solvants spécifiques au type de molécules contaminantes.

* Dans le cas particulier du ^{201}Tl , ce serait une erreur de ne compter que sur la brièveté de la période de ce radioisotope. En effet, si une période de 3 jours permet de réduire fortement le niveau de contamination d'un objet ou d'un lieu de travail, la répétition journalière des manipulations risque de conduire à des contaminations internes par ingestion ou inhalation.

* Détecter et éliminer immédiatement toute trace d'activité détectée est la meilleure façon d'éviter les incidents ou les accidents.

ANNEXE.

F	F, M, S	selon le cation auquel il est combiné
Na	F	tous composés
Mg	F	composés non spécifiés
	M	oxydes, hydroxydes, carbures, halogénures et nitrates
P	F	composés non spécifiés
	M	certaines phosphates : selon le cation auquel il est combiné
S	F	sulfures et sulfates : selon le cation auquel il est combiné
	M	S élémentaire, sulfures et sulfates : selon le cation auquel il est combiné
Cl	F	composés non spécifiés
	M	composés non spécifiés
K	F	tous composés
Ca	M	tous composés
Cr	F	composés non spécifiés
	M	Halogénures et nitrates
	S	Oxydes et hydroxydes
Co	M	composés non spécifiés
	S	oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates
Zn	S	tous composés
Ga	F	composés non spécifiés
	M	oxydes, hydroxydes, carbures, halogénures et nitrates
Ge	F	composés non spécifiés
Se	F	composés inorganiques non spécifiés
	M	Se élémentaire, oxydes, hydroxydes et carbures
Rb	F	tous composés
Sr	F	composés non spécifiés
	S	titanate de Sr
Y	M	composés non spécifiés
	S	titanate de Sr
Tc	F	composés non spécifiés
	M	oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates

Ru	F	composés non spécifiés
	M	halogénures
	S	oxydes, hydroxydes
In	F	composés non spécifiés
	M	oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates
I	F	tous composés
Cs	F	tous composés
Yb	M	composés non spécifiés
	S	oxydes, hydroxydes et fluorures
Er	M	tous composés
Re	F	composés non spécifiés
	M	oxydes, hydroxydes, halogénures et nitrates
Ir	F	composés non spécifiés
	M	Ir métallique, halogénures et nitrates
Au	F	composés non spécifiés
	M	halogénures et nitrates
	S	oxydes, hydroxydes
Tl	F	tous composés

AIDE MEMOIRE DE RADIOPROTECTION.

Toute manipulation de substance radioactive doit avoir reçu l'approbation préalable du Service de Contrôle Physique des Radiations (AR du 20.07.2001 – art. 23).

Dans tout service où sont manipulés des radioisotopes, un préposé à la surveillance, désigné par le Chef de service, est chargé de veiller au respect des mesures de sécurité et au bon fonctionnement des dispositifs de protection (art.30.4).

Un registre d'entrée et d'utilisation des isotopes doit être tenu.

Toute personne occupée dans une zone contrôlée où existe un risque d'irradiation, doit porter un dosimètre film-badge et, si nécessaire, un ou des dosimètres extrémités (art.30.6).

Les déchets radioactifs, tant solides que liquides, feront l'objet de soins particuliers, des poubelles spéciales ainsi que des touries serviront à la collecte des différents déchets du laboratoire (art. 34 – 35 – 36 – 37).

Recommandations particulières.

- 1) Evitez de mélanger dans un laboratoire les manipulations actives (avec isotopes radioactifs) avec les manipulations inactives.

Il est impératif de réaliser les manipulations actives dans un local spécialement réservé à cet usage.

- 2) Travaillez toujours dans une cuvette en acier inoxydable ou en PVC recouverte de papier absorbant et, impérativement, dans une hotte bien ventilée si des composés volatils ou des aérosols sont susceptibles d'être produits.
- 3) Utilisez toujours le minimum d'activité compatible avec les objectifs de votre manipulation.
- 4) Portez toujours, lorsque vous manipulez des radioisotopes, un tablier de laboratoire, des gants de protection et, selon la nécessité, des lunettes de protection et/ou un masque adéquat (poussières, gaz ou C actif).
- 5) Lavez-vous toujours les mains et contrôlez-vous à l'aide du compteur à votre disposition lorsque vous quittez la zone contrôlée.
- 6) Travaillez toujours soigneusement, avec ordre et méthode, et contrôlez régulièrement la ou les surfaces de travail afin d'éviter de disperser, au cours de votre travail, une contamination accidentelle.

- 7) Toutes vos sources doivent toujours être convenablement étiquetées avec mention de l'isotope, de son nombre de masse, de son activité et de la date, de façon à ce que ces radioisotopes puissent être correctement stockés, manipulés et éliminés via les déchets radioactifs.
- 8) Dans toute zone contrôlée où sont manipulées des sources non scellées de radioisotopes, interdisez-vous de fumer, boire et manger ; n'introduisez pas dans une telle zone des effets personnels, tels que manteaux, sacs à mains, etc..
- 9) Dans la zone contrôlée, n'utilisez pas des essuie-mains en tissu, mais plutôt des essuie-tout en papier, à jeter après usage.
- 10) Contrôlez régulièrement le bon fonctionnement des compteurs à votre disposition, ceux-ci doivent toujours être en parfait état de marche, il y va de votre sécurité.
- 11) Ne manipulez pas des radioisotopes si vous présentez une plaie ou une lésion cutanée aux mains.
- 12) Ne pipetez **jamais** une solution radioactive à la bouche.
- 13) Disposez les déchets radioactifs dans les récipients adéquats (combustibles : sacs en PLT, non combustibles : boîtes métalliques, liquides : touries en PLT).

Les déchets radioactifs à période courte peuvent être stockés, dans de bonnes conditions de blindage et de ventilation, pour décroissance.

Ils ne peuvent **en aucun cas** être stockés dans le laboratoire.

Mentionnez la date du dépôt.

Après 4 périodes : il subsiste 10% de l'activité initiale.

Après 7 périodes : il subsiste moins de 1% de l'activité initiale.

Après 10 périodes : il ne subsiste plus que 0,1% de l'activité initiale.

En ce qui regarde les radioisotopes à longue période, par exemple ^3H , ^{14}C ..., la technique du stockage pour décroissance est impraticable ; ces déchets doivent être expédiés dans un centre spécialisé de traitement (ONDRAF).

- 14) Afin de réduire la dose de rayonnement susceptible d'être reçue aux extrémités (mains, avant-bras), utilisez des pinces pour la manipulation des solutions mères (la dose de rayonnement reçue varie en fonction de la loi de l'inverse du carré de la distance).
- 15) En cas d'incident, d'accident ou de problème quelconque, n'hésitez pas à en avvertir le préposé à la surveillance et/ou le Service de Contrôle Physique des Radiations.

LES UNITES DU SYSTEME INTERNATIONAL.

L'activité :

Le *Becquerel* (Bq) équivaut à une transition nucléaire par seconde : $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$

Conversion entre le Bq et l'ancienne unité le Curie (Ci).

$$1 \text{ nCi} = 37 \text{ Bq}$$

$$1 \text{ } \mu\text{Ci} = 37 \text{ kBq}$$

$$1 \text{ mCi} = 37 \text{ MBq}$$

$$1 \text{ Ci} = 37 \text{ GBq}$$

Dans le cas des applications expérimentales et cliniques, le méga Becquerel (MBq) est un multiple adéquat.

La dose absorbée :

La dose absorbée est l'énergie absorbée par unité de masse.

L'unité de dose absorbée est le **Gray** (Gy), un Gy équivaut à l'absorption de 1 joule par kilogramme.

$$1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ joule}}{\text{kg}}$$

Conversion entre le Gy et l'ancienne unité le rad.

$$1 \text{ } \mu\text{Gy} = 100 \text{ } \mu\text{rad}$$

$$1 \text{ mGy} = 100 \text{ mrad}$$

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

La dose équivalente :

La dose équivalente est la dose absorbée par le tissu ou l'organe T, pondérée suivant le type et la qualité du rayonnement R, elle est donnée par la formule :

$$H_{T,R} = D_{T,R} \times W_R$$

Conversion entre le Sv et l'ancienne unité le rem.

$$1 \mu\text{Sv} = 100 \mu\text{rem}$$

$$1 \text{mSv} = 100 \text{mrem}$$

$$1 \text{Sv} = 100 \text{rem}$$

La dose efficace :

Pour prendre en compte le risque total résultant de l'exposition de plusieurs organes ou tissus de radiosensibilité différente, la CIPR a introduit, en 1977, le concept de dose efficace.

La dose efficace E est la somme des doses équivalentes reçues au niveau de tous les organes ou tissus exposés.

Chaque dose équivalente au niveau d'un organe ou d'un tissu est pondérée par un facteur W_T , tenant compte de la radiosensibilité propre du tissu ou de l'organe considéré :

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T$$

W_T représente le rapport de la probabilité d'effets stochastiques au niveau d'un organe ou d'un tissu, résultant de sa radioexposition, à la probabilité totale d'effets stochastiques d'une radioexposition uniforme de l'organisme entier.

Organe	CIPR 26	CIPR 60
Gonades	0,25	0,20
Seins	0,15	0,05
Moelle osseuse rouge	0,12	0,12
Colon		0,12
Poumons	0,12	0,12
Estomac		0,12
Vessie		0,05
Foie		0,05
Œsophage		0,05
Thyroïde	0,03	0,05
Os (surface osseuse)	0,03	0,01
Peau		0,01
Reste de l'organisme	0,30	0,05
Total	1,00	1,00

Facteur de pondération tissulaire W_T .

Estimation de la dose efficace.

En cas d'exposition interne provoquée par un radionucléide, ou un mélange de radionucléides, les valeurs et corrélations indiquées aux annexes II et III du règlement (A.R. du 20.07.2001) sont utilisées pour estimer les doses efficaces.

Toutefois, l'Agence peut autoriser le recours à des méthodes équivalentes.

Références bibliographiques.

Les informations contenues dans ces fiches de Radioprotection proviennent des références suivantes :

- Vade-Mecum du technicien nucléaire
R.Pannetier Tome II 2eme édition 1980
- Working safety with radioactivity
Amersham Life Science
- Table of specific gamma ray constants
D. Nachtigall K. Veslay K.C. Thiemig München
- Radioisotopes in Biology A practical approach
Edited by R.J. Slater IRL Press at Oxford United Press
- Tritium : radiation protection in the laboratory
HHSC Handbook N°11 1992
- Phosphorus 32 : practical radiation protection
HHSC Handbook N°9 1992
- Radiation Protection in Nuclear Medicine and Pathology
Report N°63 The Institute of Physical Sciences in Medicine 1991
- Handbook of Radiation Measurement and Protection
CRC Press 1978
- Health Physics Aspects of the Use of radioiodines
D. Prime
Science Reviews ltd in association with H & H
Scientific Consultants Ltd – 1985
- Fiches techniques de radioprotection
Institut national de recherche et de sécurité Paris
- AR du 20.07.2001 et annexes

TABLE DES MATIERES

^3H	3
^{11}C	7
^{14}C	12
^{18}F	15
^{22}Na ^{24}Na	20
^{28}Mg	28
^{32}P	32
^{33}P	37
^{35}S	41
^{36}Cl	45
^{42}K	49
^{43}K	53
^{45}Ca	57
^{51}Cr	61
^{57}Co	66
^{58}Co	71
^{60}Co	76
^{55}Fe	81
^{59}Fe	85
^{65}Zn	89
^{67}Ga	93
^{68}Ge	97
^{75}Se	101
^{86}Rb	106
^{89}Sr	110
^{90}Sr	114
^{90}Y	118
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	122
^{106}Ru	127
^{111}In	131
^{123}I	136
^{125}I	142
^{131}I	148
^{134}Cs	156
^{137}Cs	161
^{169}Yb	166
^{169}Er	170
^{186}Re	174
^{192}Ir	179
^{198}Au	185
^{201}Tl	189
<u>ANNEXE</u>	193
<u>AIDE MEMOIRE DE RADIOPROTECTION</u>	195
<u>LES UNITÉS DU SYSTÈME INTERNATIONAL</u>	197

