

Radioprotection : secteur médical

Médecine nucléaire

thérapeutique (radiothérapie interne vectorisée)

L'ensemble de cette collection a été réalisé par un groupe de travail (cf. composition p. 154), auquel ont participé :
 l'ASN (Autorité de sûreté nucléaire),
 la DGT (Direction générale du travail),
 l'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire)
 et l'INRS (Institut national de recherche et de sécurité).

Cette fiche, qui fait partie d'une collection réalisée par type d'activité, concerne les installations de médecine nucléaire thérapeutique. Elle est destinée aux personnes impliquées dans la radioprotection des travailleurs : personnes compétentes en radioprotection (PCR), médecins du travail et responsables (employeurs...). Elle s'adresse aussi aux utilisateurs de ces techniques (manipulateurs, médecins, chirurgiens...), mais n'a pas pour objet d'aborder les aspects concernant la radioprotection des patients.

Chaque fiche présente les différentes procédures, les types de dangers spécifiques, l'analyse des risques et leur évaluation ainsi que les méthodes de prévention. L'IRSN a complété cette fiche en proposant un exemple d'étude de poste représentatif d'une installation-type présentant une application de la démarche de mise en place du zonage et du classement des travailleurs.

Une fiche rappelle les textes de loi et la réglementation concernant la radioprotection des travailleurs dans le domaine médical (FR3). La présente fiche annule et remplace les fiches ED 4240 et ED 4241 et les fiches correspondantes du TC 106.

La médecine nucléaire à visée thérapeutique est réalisée par une unité de médecine nucléaire utilisant le plus souvent de l'iode 131. Pour des raisons de radioprotection, cette activité peut nécessiter l'hospitalisation du patient en chambre spécialement aménagée, notamment pour l'administration d'une activité d'iode 131 supérieure à 800 MBq. La détention et l'utilisation de radionucléides à des fins de médecine nucléaire (diagnostic ou thérapie) sont subordonnées à une autorisation préalable de l'ASN en application du Code de la santé publique.

L'autorisation de détenir et d'utiliser des radionucléides à des fins thérapeutiques est nominative. Elle est délivrée à un médecin possédant les qualifications requises et titulaire

d'une autorisation couvrant l'activité de diagnostic *in vivo*.

Cette autorisation non transférable est délivrée pour une période n'excédant pas 5 ans, renouvelable à la demande de l'intéressé.

La pratique de ces activités implique le respect des dispositions en matière de radioprotection prévues au titre du Code du travail et du Code de la santé publique.

1 PERSONNEL CONCERNÉ

Ces dispositions doivent être incluses dans le plan de prévention pour les entreprises intervenantes. Une information ciblée, et le cas échéant, une formation doit être délivrée aux membres de l'unité de médecine nucléaire, au personnel des services de soins, des services techniques et d'entretien concernés.

Une information adaptée doit être également délivrée au patient à son départ de l'unité de médecine nucléaire et lors de sa prise en charge dans une autre structure (arrêté du 21 janvier 2004¹).

Principaux personnels concernés :

- médecin ;
- personnel paramédical : manipulateur en électroradiologie médicale (MERM), infirmier et aide-soignant (dans le cadre de l'hospitalisation), préparateur en pharmacie hospitalière² ;
- radiophysicien (personne spécialisée en radiophysique médicale -PSRPM) ;
- radiopharmacien ;
- stagiaire ;
- personnel d'entretien ;
- personnel de maintenance ;
- personnel du service technique.

1. Arrêté du 21 janvier 2004 relatif à l'information des personnes exposées aux rayonnements ionisants lors d'un examen de médecine nucléaire.

2. Radiopharmacie (avec présence obligatoire d'un radiopharmacien) implantée dans le service de médecine nucléaire en cas d'autorisation de l'Agence régionale de santé (ARS) pour une pharmacie à usage intérieur (PUI).

2 DÉROULEMENT DES PROCÉDURES

La mise en œuvre des radionucléides se déroule selon différentes séquences :

- réception, entreposage des radionucléides ;
- manipulation, préparation, contrôle de qualité des radionucléides ;
- administration des radionucléides ;
- actes nécessitant une hospitalisation en chambre aménagée :
 - soins pendant l'hospitalisation ;
 - collecte, gestion et élimination des déchets (y compris le matériel jetable utilisé pour les repas) et les effluents contaminés ;
 - entretien médical et consignes de sortie ;
 - contrôle de radioprotection de la chambre à la sortie du patient.
- actes ne nécessitant pas l'hospitalisation :
 - contrôle de la bonne tolérance du traitement ;
 - entretien médical et consignes de sortie.

Sauf exception appréciée par l'équipe médicale, les accompagnants ne sont pas autorisés à pénétrer en zone réglementée.

3 DANGERS

SOURCES SCÉLÉES	SOURCES NON SCÉLÉES
<p>○ Émission de rayonnements γ provenant des sources d'étalonnage et de repérage.</p> <p>Exemples : cobalt 57, baryum 133, césium 137 pour les activimètres...</p>	<p>○ Émission de rayonnements X, γ, β et dispersion de radionucléides.</p> <p>Exemples : iode 131, yttrium 90, strontium 89...</p>

NB : Cette fiche ne traite pas des émetteurs α faisant encore aujourd'hui l'objet d'études et requérant des mesures de radioprotection spécifiques.

4 IDENTIFICATION DU RISQUE RAYONNEMENT IONISANT

SOURCES SCÉLÉES	SOURCES NON SCÉLÉES
<p>○ Exposition externe à distance ou au contact</p>	<p>○ Exposition externe à distance</p> <p>○ Exposition au contact particulièrement en raison de la présence d'émission β</p> <p>○ Exposition interne (inhalation ou ingestion ou plaie cutanée)</p>

Cf. tableau des principaux radionucléides utilisés en thérapie dans le tableau en fin de texte.

5 ÉVALUATION DU RISQUE ET DÉTERMINATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION

Collaboration médecin du travail-personne compétente en radioprotection (PCR).

La PCR doit faire partie des salariés de l'établissement.

1. Éléments d'évaluation du risque

L'étude dosimétrique des postes de travail liée au déroulement des procédures prend en compte notamment l'activité et la nature des radionucléides manipulés. Il convient d'apporter une attention particulière à la volatilité de l'iode 131 et à l'exposition des mains des personnes chargées des manipulations radioactives, notamment lors de l'utilisation de radionucléides émetteurs bêta.

Il est vivement recommandé d'avoir recours à de l'iode 131 sous forme de gélules (plutôt que liquide) pour les traitements de pathologies thyroïdiennes.

Les niveaux d'exposition sont estimés par des :

- données individuelles :
 - historique des expositions externe

et interne du personnel ;

- résultats de la dosimétrie individuelle passive corps entier, extrémités et cristallin ;
- résultats de la dosimétrie opérationnelle ;
- résultats de la surveillance systématique par l'examen radiotoxicologique des urines et, si nécessaire, de l'examen anthroporadiométrique (utile dans le cas de manipulation d'iode 131 mais inadapté dans les cas des émetteurs bêta purs).

■ données collectives :

- résultats des contrôles techniques d'ambiance, surfacique, atmosphérique et de débit de dose ;
- résultats des contrôles de non contamination des locaux avec des radiamètres adaptés ;
- résultats des contrôles de radioprotection de l'installation (à la mise en service puis périodiquement).

2. Délimitation des zones contrôlées et surveillées

Ces zones sont définies par l'employeur sur proposition de la PCR sur la base de l'évaluation des risques radiologiques, s'appuyant notamment sur les niveaux d'exposition, les caractéristiques des sources et les résultats des contrôles techniques de radioprotection.

Compte tenu des conditions habituelles de pratique :

- sont classés en zone contrôlée les locaux dans lesquels des radionucléides sont manipulés :
 - les zones de réception des sources radioactives ;
 - le laboratoire chaud (ou radiopharmacie) ;
 - salle d'administration ;
 - les chambres d'hospitalisation ;
 - les zones d'entreposage des déchets solides et liquides.
- Suivant les niveaux d'exposition, les zones contrôlées peuvent être

spécialement réglementées (par exemple : boîte à gants, chambre...).

■ Les autres locaux d'accès réglementé sont classés en zone surveillée.

■ Dans le cas où l'administration du traitement nécessite l'usage d'un amplificateur de brillance, le zonage initial de la salle de radiologie interventionnelle doit être reconsidéré au regard du risque particulier lié aux sources non scellées. Cette fiche est complétée par un exemple d'étude de poste en **annexe**.

3. Classement du personnel en catégories A et B

Le classement est défini par l'employeur après avis du médecin du travail. Il sera apprécié avec la PCR selon les analyses des postes spécifiques à l'unité de médecine nucléaire et à celle d'hospitalisation. (**tableau ci-contre**)

4. Choix de la surveillance dosimétrique

(**tableau ci-dessous**)

À titre indicatif :

PERSONNEL CONCERNÉ	CATÉGORIE PROPOSÉE
Médecin nucléaire, radiopharmacien	Catégorie A ou B en fonction des pratiques et de l'évaluation des risques au poste de travail
Manipulateur en électroradiologie médicale (MERM), préparateur en pharmacie hospitalière ³	Catégorie A
Infirmier, aide-soignant	Catégorie A
Radiophysicien (personne spécialisée en radiophysique médicale ou PSRPM)	Catégorie B
Personnel d'entretien des chambres et personnel chargé de l'élimination des déchets	Catégorie A ou B en fonction des pratiques et de l'évaluation des risques au poste de travail
Stagiaire	Catégorie A ou B selon les postes d'affectation. <i>Remarque : pas de poste d'affectation impliquant un classement en cat. A pour un stagiaire < 18 ans</i>
Autres personnes susceptibles de pénétrer occasionnellement en zone surveillée ou contrôlée	Appréciation au cas par cas avec la PCR
Secrétaire, personnel d'accueil	Ne devant pas être affectés en zones réglementées, ne sont donc pas concernés par le classement

DOSIMÉTRIE EXTERNE PASSIVE	DOSIMÉTRIE OPÉRATIONNELLE	DOSIMÉTRIE INTERNE
CATÉGORIE A Personnel chargé de la manipulation, préparation et administration • Dosimétrie poitrine mensuelle • Dosimétrie des extrémités par bague CATÉGORIE A Personnel d'hospitalisation • Dosimétrie poitrine mensuelle CATÉGORIE B Dosimétrie poitrine mensuelle ou trimestrielle selon l'étude de poste Dosimétrie par bague si manipulation de sources radioactives	Obligatoire en zone contrôlée	Examen radiotoxicologique des urines et si possible examen anthroporadiométrique (utile dans la recherche de l'iode ¹³¹ mais inadapté dans le cas des émetteurs bêta purs)
NON CLASSÉ Ne peut s'envisager que pour du personnel n'intervenant qu'occasionnellement en zone réglementée	Obligatoire pour pénétrer occasionnellement en zone contrôlée	

6 STRATÉGIE DE MAÎTRISE DE RISQUE

1. Réduction des risques

Formation et qualification des professionnels chargés des traitements et de la surveillance des patients.

■ Prévention générale :

- connaître et respecter les consignes de travail et de sécurité ;
- utiliser des équipements de protection (cf. § 6-3) ;

■ Dans le laboratoire chaud (ou radiopharmacie) :

- confiner les sources, utiliser les activités strictement nécessaires et ranger les sources après utilisation ;
- limiter le temps de manipulation des sources ;
- travailler en évitant les contaminations de surface, contrôler régulièrement l'absence de contamination.

■ Dans le service d'hospitalisation :

- limiter le temps de présence auprès d'un patient aux nécessités de soin et d'assistance ;
- prendre en compte les contaminations provenant du patient (urine, transpiration, salive, sang...);
- contrôler systématiquement le linge, les draps et tout objet réutilisable en contact avec le patient ;
- contrôler le niveau de contamination de la chambre à la sortie du patient, avec une attention particulière au niveau des toilettes ;
- contrôler régulièrement l'absence de contamination des couloirs d'accès aux chambres concernées ;
- au vu des résultats de ces contrôles, engager les actions nécessaires.

■ Incidents, accidents :

- prévoir les protocoles :
 - en cas de contamination des locaux ;
 - en cas de contamination des matériels ;

- en cas de contamination des personnes.

2. Mesures techniques concernant l'installation

■ Laboratoire chaud :

En complément des règles d'installation des unités de médecine nucléaire (cf. fiche FR 6), il y a lieu de s'assurer que le laboratoire chaud dispose d'une enceinte blindée adaptée au stockage et à la manipulation de sources radioactives de forte activité, destinées à la thérapie.

■ Chambres d'hospitalisation dédiées à la RIV (radiothérapie interne vectorisée) :

• Conception et équipement des chambres :

- chambres individuelles avec sanitaires intégrés ;
- murs à parois renforcées habituellement calculées sur la base d'une source d'iode 131 de 5 550 MBq placée au centre du lit dont l'emplacement est définitivement fixé.

• Ventilation des chambres RIV :

Au regard de mesures effectuées par l'IRSN dans différents services, une attention particulière devra être portée sur le renouvellement d'air de ces chambres afin de limiter la contamination atmosphérique, et sur la dépression par rapport aux locaux voisins, en particulier le couloir afin d'éviter le transfert de contamination.

Le système de ventilation des chambres doit être indépendant du système de ventilation du bâtiment et le recyclage de l'air est interdit.

• Effluents des chambres RIV :

Les effluents provenant des sanitaires de ces chambres sont dirigés vers des cuves de décroissance réservées à cet usage ; ces cuves ne

doivent pas recevoir les effluents provenant des douches et lavabos de ces chambres ni les effluents provenant des laboratoires de manipulation. Des sanitaires séparant les matières solides des liquides peuvent être utilisés³.

L'entreposage en cuves des effluents contaminés peut entraîner des risques d'exposition nécessitant des conditions d'intervention adaptées (cf. annexe) ;

• Mesures concernant les déchets solides contaminés :

- contrôle de tout objet sortant de la chambre, y compris les plateaux repas, ou élimination comme déchet potentiellement radioactif ;
- tri et conditionnement des déchets au plus près de leur production ;
- dépôt du matériel utilisé (flacons, seringues, aiguilles...) dans des réceptacles adaptés aux radionucléides (poubelles, boîtes à aiguilles plombées...);
- entreposage des déchets contaminés dans le local à déchets du service, selon la nature du déchet et la période des radionucléides ;
- contrôle de ces déchets contaminés à la date d'évacuation prévisionnelle. Les déchets ne pourront être évacués que si la mesure effectuée est inférieure ou égale à deux fois le bruit de fond. Ce délai peut-être écourté si la justification en est apportée dans le plan de gestion ;

Ces résultats doivent être tracés dans un document (registre).

Les modalités de gestion des déchets doivent être intégrées dans le plan de gestion des déchets et effluents contaminés de l'établissement.

■ Contrôles réguliers

- du matériel de détection ;
- de l'activimètre ;
- des sources scellées ;

3. Guide n°18 de l'ASN : Élimination des effluents et des déchets contaminés par des radionucléides produits dans les installations autorisées au titre du Code de la santé publique, 2012.

- des hottes et enceintes ;
- des filtres ;
- des systèmes de ventilation.

3. Mesures techniques de protection

■ Dans les locaux de manipulation et d'administration des médicaments radiopharmaceutiques :

- Gants à usage unique :
 - à porter lors de toutes manipulations de sources radioactives, y compris lors du travail dans les enceintes ou les hottes ;
 - à enlever selon la procédure adaptée ;
 - à éliminer avec les déchets contaminés.
- Lavage régulier des mains.
- Contrôle systématique des mains et des pieds après manipulation et avant la sortie de l'unité de médecine nucléaire.
- Pas d'effets personnels (bijoux...).
- Port de vêtements (tunique à manches longues) et chaussures réservés à l'unité de médecine nucléaire.
- Utilisation de pinces longues pour la manipulation des flacons de radionucléides.
- Écrans de protection adaptés :
 - protège-seringues, conteneurs de protection,
 - écrans de protection mobile.

Le PMMA (Polyméthylmétacrylate) communément appelé PlexiglasTM n'est pas systématiquement adapté à l'énergie des émetteurs bêta. Pour les émetteurs bêta fortement énergétiques (de l'ordre de 2 MeV et plus), les protège-seringues en PMMA ne sont pas suffisants et les protège-seringues en tungstène peuvent alors s'avérer plus efficaces.

■ Dans les chambres d'hospitalisation dédiées à la RIV :

- présence des travailleurs limitée au strict nécessaire dans les chambres les deux premiers jours du traitement. De plus, sauf excep-

tion, le patient ne doit pas recevoir de visite de ses proches ;

- équipement de protection individuelle (à usage unique) lors de toute entrée dans la chambre :
 - des gants,
 - une surblouse,
 - une charlotte jetable,
 - des surchaussures ,
 - les masques de protection respiratoire FFP utilisés pour protéger les soignants contre les maladies infectieuses transmissibles par voie aérienne sont inefficaces vis-à-vis des émanations d'iode radioactive atmosphérique.
- utilisation d'écran de protection mobile plombé fortement recommandée en cas d'iode 131 ;
- utilisation d'un matériel d'entretien à usage unique ou spécifique à la chambre, avec des protocoles d'entretien ;
- utilisation de matériel à usage unique fortement recommandée pour le patient. Ce matériel est par la suite traité comme déchet radioactif dans des emballages adaptés ;
- lavage des mains régulier à la sortie de la chambre.

Remarque sur les tabliers de protection radiologique :

Alors qu'il est efficace en radiologie classique (atténuation > 98 % soit un facteur 50), le port de tablier de protection radiologique ne présente pas d'intérêt pour la protection vis-à-vis de l'iode 131 (atténuation quasi nulle < 10 %).

Dans certains cas, des patients bénéficiant d'un traitement par émetteur bêta pur (yttrium 90) sont hospitalisés en chambres protégées ; le tablier de protection, alors efficace vis-à-vis du rayonnement de freinage (atténuation ± 98 % soit un facteur > 60), est donc à recommander.

4. Information et formation

■ Information

- Le médecin du travail, en collaboration avec la PCR, participe à l'information des travailleurs sur les risques potentiels sur la santé de l'exposition liée aux rayonnements ionisants, tant pour les nouveaux arrivants que lors de situations particulières (changements de poste, femme enceinte...).
- Une notice d'information spécifique à l'unité est remise par l'employeur à chaque personne susceptible d'intervenir dans les zones contrôlées.
- Chaque accès en zone doit faire l'objet d'un affichage, indiquant les zones réglementées, les consignes de travail adaptées à la nature des expositions et aux opérations réalisées et comportant les noms et les coordonnées de la PCR et du médecin du travail.
- La conduite à tenir en cas d'incident de contamination doit être mise à disposition dans l'unité de médecine nucléaire et en secteur d'hospitalisation.

■ Formation

- La formation du personnel impliqué dans l'activité est organisée avec la PCR et le médecin du travail, et renouvelée au moins tous les 3 ans .
 - Le personnel féminin est sensibilisée sur la nécessaire déclaration précoce des grossesses et sur les éventuels aménagements du poste de travail applicables après avis du médecin du travail.
 - Une attention particulière sera portée à la formation du personnel d'hospitalisation travaillant la nuit ou effectuant des remplacements dans ces services.
- La présence de travailleurs extérieurs à l'établissement ne peut être envisagée qu'en mettant en œuvre le plan de prévention.
- L'information des unités devant

accueillir des patients traités doit être diffusée visant à limiter l'exposition des personnes qui seront en contact avec eux et à gérer les éventuels déchets (couches des malades incontinents...).

5. Prévention

■ Fiche d'exposition :

- elle est établie par l'employeur et communiquée au médecin du travail avant la réalisation de l'examen médical préalable à sa prise de fonction ;
- elle comporte la nature du travail et des rayonnements, les caractéristiques des sources, les périodes d'exposition (avec les expositions anormales éventuelles) et les autres risques ;
- il est souhaitable qu'elle indique l'évaluation de dose prévisionnelle individuelle.

■ Surveillance dosimétrique

(cf. § 5.4) :

- Dosimétrie passive :
 - Mise en place :
 - chaque employeur (y compris le chef d'entreprise extérieure) est responsable de la dosimétrie passive de ses salariés ; à ce titre, il est tenu de fournir les dosimètres passifs à son propre personnel ;
 - le personnel non salarié prend les dispositions nécessaires pour assurer sa surveillance dosimétrique ;
 - stagiaire : la dosimétrie passive est assurée par l'employeur de la personne sous l'autorité de laquelle il est placé (établissement d'accueil) sauf accord particulier.
 - Communication des résultats :
 - le médecin du travail communique et commente les résultats dosimétriques individuels au salarié ;
 - le laboratoire agréé de dosimétrie communique les résultats à SISERI et au moins une fois par an au travailleur.

- Dans le cas de lieux d'intervention multiples, outre l'application des règles générales relatives à la dosimétrie passive, il est recommandé d'utiliser un dosimètre opérationnel quel que soit le type de zone réglementée. Cette recommandation vise à faciliter l'identification des niveaux et de l'origine des expositions.

• Dosimétrie opérationnelle :

- Mise en place :
 - il appartient à chaque employeur de fournir les dosimètres opérationnels à son propre personnel quand leur utilisation s'impose ;
 - entreprise extérieure : des accords peuvent être conclus entre le chef de l'entreprise utilisatrice et le chef de l'entreprise extérieure pour la fourniture des dosimètres opérationnels ;
 - stagiaire : la dosimétrie opérationnelle est assurée par l'employeur de la personne sous l'autorité de laquelle il est placé (établissement d'accueil).
- Paramétrage :
 - les dosimètres opérationnels sont paramétrés par la PCR qui définit un seuil d'alarme.
- Communication des résultats :
 - la PCR communique les résultats aux intéressés, au médecin du travail et à l'IRSN (www.siseri.com). En cas de mise à disposition de dosimètres opérationnels par l'entreprise utilisatrice, la PCR de l'entreprise utilisatrice communique ces résultats à la PCR de l'entreprise extérieure.

6. Incident et dysfonctionnement

- Prévoir les protocoles en cas de contamination des locaux et/ou des personnes et prendre les dispositions pour arrêter l'exposition des

personnes impliquées.

■ Prévenir les différents responsables concernés : le chef de service, la PCR ainsi que le médecin du travail (cf. § 7.5) qui prendront toutes dispositions pour maîtriser cet incident, en connaître les causes et en tirer les enseignements.

■ Si nécessaire, contacter l'IRSN pour un appui technique :

06 07 31 56 63.

■ En cas d'incident ou dysfonctionnement susceptible d'entraîner une exposition excessive du personnel : déclarer l'incident à la division territorialement compétente de l'ASN⁴.

■ En cas de suspicion de dépassement des valeurs limites réglementaires : prévenir également l'inspecteur du travail ainsi que le CHSCT ou les délégués du personnel.

■ En cas d'accident du travail, faire une déclaration à la Caisse primaire d'assurance maladie (CPAM).

■ Si nécessaire, prévoir une déclaration de matériovigilance auprès de l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM), antérieurement AFSSAPS, et du référent éventuel du site.

7 SURVEILLANCE MÉDICALE

1. Surveillance médicale renforcée

Tout travailleur classé en catégorie A ou B bénéficie d'une surveillance médicale renforcée⁵

■ Personnel de l'établissement

- Visite médicale :
 - avant l'affectation pour tous les travailleurs affectés à des travaux les exposant à des rayonnements ionisants ;

4. Site ASN : www.asn.fr <utilisations médicales> les guides de déclaration des événements significatifs.

5. Décret n° 2012-135 du 30 janvier 2012 relatif à l'organisation de la médecine du travail. *J Off Répúb Fr.* 2012 ; 026, 31 janv. 2012 : 1779-93. ou Textes officiels TO5. *Doc Méd Trav.* 2012 ; 129 : 149-61.

- individualisée en s'appuyant sur la fiche d'exposition du travailleur établie par l'employeur ;
- recherche de lésions cutanéomuqueuses (y compris les tympans) pouvant favoriser la pénétration de radionucléides et gêner la décontamination ;
- évaluation au cas par cas des repercussions d'autres pathologies sur les conséquences radiobiologiques d'une contamination.
- Suivi de l'état de santé :
 - au moins une fois par an pour les travailleurs classés en catégorie A ;
 - au moins tous les 2 ans pour les travailleurs classés en catégorie B.
- Information spécifique aux femmes en âge de procréer sur l'intérêt de déclarer au plus tôt leur grossesse.
- Examens complémentaires :
 - le médecin du travail peut demander tout examen complémentaire et/ou spécialisé qu'il juge nécessaire ;
 - la prescription des examens anthroporadiométriques et/ou radiotoxicologiques urinaires permettent de surveiller l'exposition interne ;
 - une numération formule sanguine (NFS) à l'embauche est conseillée comme examen de référence puis adaptée à la surveillance individuelle.
- Carte individuelle de suivi médical remise par le médecin du travail à tout travailleur relevant des catégories A ou B (contacter l'IRSN : www.siseri.com).

■ Personnel non salarié

Les travailleurs non salariés sont tenus, dès lors qu'il existe pour eux-mêmes un risque d'exposition généré par leur activité, de prendre les dispositions nécessaires afin d'être suivis médicalement.

■ **Personnel d'entreprises extérieures (EE)** - installateur, technicien de maintenance...

- La mise en place d'un plan de prévention précise les obligations respectives de l'employeur et de l'EE.
- Le médecin du travail de l'entreprise utilisatrice (EU) assure, pour le compte de l'EE, la réalisation des examens complémentaires rendus nécessaires par la nature et la durée des travaux effectués par le salarié de l'EE dans l'EU.
- Par accord entre les employeurs des EE, des EU et les médecins du travail intéressés, les examens périodiques peuvent être réalisés par le médecin de l'EU. Dans ce cas, les résultats de ces examens sont communiqués au médecin du travail de l'EE qui déterminera l'aptitude au poste.
- Le responsable de l'EU doit faciliter l'accès au poste de travail au médecin du travail de l'EE.

2. Grossesse

- Il est indispensable d'inciter les femmes à informer le plus tôt possible le médecin du travail de leur grossesse pour permettre la mise en place des mesures nécessaires : l'aménagement du poste de travail ou le changement d'affectation est laissé à l'entière appréciation du médecin du travail après concertation avec l'intéressée.
- Aucune femme enceinte ne peut être affectée à un poste impliquant un classement en catégorie A, et l'exposition de l'enfant à naître doit dans tous les cas rester inférieure à 1 mSv entre la déclaration de la grossesse et l'accouchement (limitation absolue).
- Les tâches compatibles avec la poursuite de l'activité d'une femme enceinte sont définies par le médecin du travail en concertation avec la PCR en fonction des études de poste ; **mais, en pratique, son maintien est contre indiqué dans ces services d'hospitalisation.**

3. Allaitement

■ **Tout risque d'exposition interne doit être exclu**, ce qui ne permet pas le maintien d'une femme allaitant dans ces zones réglementées.

4. Dossier médical et suivi post-professionnel

■ Le dossier médical

- Il comporte notamment :
 - le double de la fiche d'exposition établie par l'employeur avec l'aide du médecin du travail, comprenant les caractéristiques des nuisances radiologiques et des autres risques,
 - les dates et les résultats des examens anthroporadiométriques et radiotoxicologiques urinaires effectués ;
 - les résultats du suivi dosimétrique individuel ;
 - les résultats des examens cliniques et complémentaires.
- Il est conservé pendant au moins 50 ans après la fin de la période d'exposition.
- Ce dossier est communiqué, sur sa demande, au médecin inspecteur régional du travail et peut être adressé, avec l'accord du travailleur, au médecin choisi par celui-ci.
- Si l'établissement vient à disparaître, ou si le travailleur change d'établissement, l'ensemble du dossier est transmis au médecin inspecteur régional du travail, à charge pour celui-ci de l'adresser, à la demande de l'intéressé, au médecin du travail désormais compétent.

■ Le suivi post-professionnel

Le travailleur salarié doit demander ce suivi post-professionnel auprès de son organisme de Sécurité sociale. Il doit pour cela fournir l'attestation d'exposition aux rayonnements ionisants, remplie par l'employeur et le médecin du travail,

et remise de façon systématique lors de son départ de l'entreprise. Cette surveillance médicale post-professionnelle⁷ est réalisée par le médecin choisi par le travailleur.

5. Prise en charge des anomalies et incidents

■ Exposition externe

- Le dosimètre opérationnel est paramétré par la PCR qui définit les seuils d'alarme adaptés au poste de travail.
- En l'absence de dosimétrie opérationnelle et en cas de suspicion d'incident, un traitement en urgence du dosimètre passif est effectué.
- Si l'exposition est supérieure au niveau habituel pour le poste considéré, une enquête est dans tous les cas entreprise.
- En cas de discordance entre les résultats de dosimétrie passive et opérationnelle, le médecin du travail détermine, après enquête, la dose reçue par le travailleur en ayant recours si nécessaire à l'IRSN. La dose finalement retenue est transmise à l'IRSN (SISERI).

■ Contamination – Principes généraux

- Évaluer rapidement l'importance de la contamination et mettre en œuvre le protocole de décontamination.
- Limiter la présence aux personnes indispensables.
- Se munir des moyens d'équipements individuels nécessaires au vu de l'évaluation :
 - *a minima* gants, surchaussures, surblouse et charlotte jetables;
 - la mise à disposition d'un masque équipé de filtres efficaces au charbon actif est souhaitable en cas d'incident majeur comme le bris d'un flacon de solution

mère d'iode ¹³¹ (4 GBq) ou la fuite d'effluents au niveau des cuves.

- Prévenir :
 - dans tous les cas, la PCR, le chef de service et le médecin du travail sans délai ;
 - si nécessaire, contacter le dispositif d'alerte de l'IRSN : **06 07 31 56 63**.
- Dans tous les cas, prévoir dès le premier jour un prélèvement urinaire sur 24 h en vue d'une analyse radiotoxicologique en urgence ; celle-ci sera associée si possible à un examen anthroporadiométrique lorsque le radionucléide manipulé est un émetteur gamma.

■ Contamination d'une personne

- Avant d'entreprendre une action de décontamination, contrôler ou faire contrôler les mains, la blouse, les cheveux, les chaussures... (en cas de douche, lavage des mains préalable de façon à éviter toute contamination cutanée secondaire).
- Procéder à la décontamination par lavage à l'eau savonneuse, sans frotter ou utiliser un détergent de décontamination (pH neutre) et contrôler l'efficacité de cette décontamination.
- En cas de projection oculaire, laver abondamment sous l'eau à température ambiante.
- S'il le souhaite, le médecin du travail peut contacter le dispositif d'alerte de l'IRSN qui l'aidera dans la prise en charge.
- Le médecin du travail prévoit :
 - un nouvel essai en cas d'échec de décontamination. En cas d'échec après 2 ou 3 essais, mettre un pansement étanche sur la zone contaminée (le pansement a pour rôle de faire transpirer la peau en cas de contamination cutanée profonde qui résiste au lavage et faciliter ainsi son élimination) ;
 - un prélèvement nasal par mou-

chage dans un mouchoir jetable et un contrôle de l'activité de ce mouchoir ;

- un renouvellement de l'examen anthroporadiométrique et/ou de l'examen radiotoxicologique urinaire ;
- une mesure de l'activité surfacique cutanée.

• Tout incident ou accident de contamination d'un travailleur doit être déclaré ou inscrit sur le registre de déclaration des accidents bénins.

■ Contamination des locaux et/ou du matériel

• La PCR évalue l'importance de la contamination et organise la décontamination avec du matériel jetable selon les consignes affichées dans le local.

• Principe :

- déterminer l'étendue de la zone contaminée et, si nécessaire, délimiter et baliser un périmètre de sécurité ;
- confiner le déversement ou la fuite avec un matériau absorbant ;
- décontaminer de l'extérieur vers l'intérieur ;
- éliminer dès sa détection toute contamination de locaux, de surface de travail ou de vêtement puis rechercher son origine. Elle doit faire suspecter une contamination éventuelle de personne.

8 ÉVALUATION DE LA MAÎTRISE DES RISQUES

■ Afin d'optimiser la radioprotection des travailleurs et de l'installation, l'employeur établit l'ensemble des bilans nécessaires à l'évaluation de la maîtrise des risques. Les bilans font notamment état des dépas-

7. Arrêté du 6 décembre 2011 (fixant le modèle type d'attestation d'exposition et les modalités d'examen dans le cadre du suivi post-professionnel des salariés ayant été exposés à des agents ou procédés cancérogènes). *J Off Rép Fr.* 2011 ; 290, 15 déc. 2011 : 21198-201. ou : Textes officiels TO3. *Doc Méd Trav* ; 2012 ; 129 : 139-43.

sements des valeurs limites et des moyens mis en œuvre pour y remédier.

■ Le CHSCT (ou à défaut les délégués du personnel) a accès à ces différents résultats :

- bilan statistique des expositions de l'unité de médecine nucléaire ;
- bilan des dysfonctionnements relevés : matériovigilance et compte rendu des interventions techniques... ;
- bilan des contrôles effectués.

■ La consultation régulière de SISERI à des fins d'optimisation et d'information par le médecin du travail et la PCR permet d'apprécier l'évolution des expositions des travailleurs.

Les résultats des différents contrôles techniques et d'ambiance (ainsi que l'analyse préalable du niveau d'exposition) sont intégrés au document unique concernant l'évaluation des risques.

9 AUTRES RISQUES

■ Risques biologiques : accident d'exposition au sang (AES), tuberculose...

■ Port de charges lourdes : transfert de malades alités, matériels et containers plombés avec risque de troubles musculosquelettiques (TMS).

■ Risques physiques : électriques, UV...

> CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPAUX RADIONUCLÉIDES UTILISÉS EN MÉDECINE NUCLÉAIRE *IN VIVO* (THÉRAPIE).

Radionucléides utilisés en sources non scellées pour la thérapie		Période	Nature des principales émissions	Principales applications	Activités utilisées (valeurs moyennes) en MBq
Erbium 169	¹⁶⁹ Er	9,4 jours	Bêta	Synoviorthèses : traitement des arthrites inflammatoires (interphalangiennes)	30
Iode 131	¹³¹ I	8 jours	Bêta et Gamma	Traitement des : • hyperthyroïdies • cancers thyroïdiens • neuroblastomes, phéochromocytomes malins (mIBG *)	500 3 700 6 000
Lutétium 177	¹⁷⁷ Lu	6,71 jours	Bêta et Gamma	Traitement des lymphomes malins et tumeurs endocrines	200
Rhénium 186	¹⁸⁶ Re	3,78 jours	Bêta et Gamma	Synoviorthèses : traitement des arthrites inflammatoires (chevilles, poignets, coudes)	100
Samarium 153	¹⁵³ Sm	1,95 jour	Bêta et Gamma	Antalgique des métastases osseuses	2 600
Strontium 89	⁸⁹ Sr	50,7 jours	Bêta	Antalgique des métastases osseuses	150
Yttrium 90	⁹⁰ Y	2,7 jours	Bêta	• Synoviorthèses : traitement des arthrites inflammatoires (genoux, hanches) • Traitement de certains lymphomes	170 1 100

* mIBG : métaiodobenzylguanidine.



Annexe

Exemple d'une étude de poste en médecine nucléaire Applications thérapeutiques

Attention, l'exemple ci-dessous est l'illustration d'une installation-type et de pratiques standards. Il ne saurait refléter la situation de l'ensemble des installations et des pratiques des services de médecine nucléaire pratiquant de la thérapie soit en ambulatoire soit en hospitalisation, et ne doit pas être utilisé en l'état pour définir les zones réglementées. La méthodologie présentée ci-dessous doit être utilisée sur la base des mesures réalisées sur chaque installation et appliquée en tenant compte des pratiques locales.

Le zonage doit être réalisé en considérant l'heure de travail la plus pénalisante du point de vue de la radioprotection et en ne considérant pas le port éventuel d'équipements de protection individuelle, seuls les équipements de protection collective étant à prendre en compte. Pour mémoire, les protège-seringues, et protège-flacons, sont considérés comme équipements de protection collective et donc sont pris en compte pour le zonage. En médecine nucléaire le zonage doit considérer l'exposition du corps entier et/ou celle des extrémités en fonction des tâches réalisées et des risques associés.

Vis-à-vis de l'exposition du corps entier, la méthodologie consiste à identifier pour chaque local la source, le radionucléide et l'activité effectivement présente qui peuvent conduire à l'exposition la plus élevée sur 1 heure. Sur la base des informations précédentes et des données du **tableau 1**, le rayon R de la zone réglementée est calculé à partir de la formule :

$$D_l = D_c + \frac{\dot{D}_e \times C}{R^2} \quad \text{soit} \quad R = \sqrt{\frac{\dot{D}_e \times C}{D_l - D_c}}$$

↓ Tableau I

➤ EXEMPLES DE RADIONUCLÉIDES UTILISÉS, DES ACTIVITÉS ADMINISTRÉES ET DES DÉBITS D'ÉQUIVALENT DE DOSE ASSOCIÉS (D'APRÈS FICHE INRS/IRSN ED4300 « IODE 131 » ET RADIONUCLÉIDES & RADIOPROTECTION (4^e ÉDITION) DELACROIX ET AL. 2004) POUR DES APPLICATIONS THÉRAPEUTIQUES EN MÉDECINE NUCLÉAIRE

Radionucléide	Débit à 1 m (μSv/h/GBq)	DPUI ¹ inhalation (μSv/Bq)
¹³¹ I	66	2,0 10 ⁻²
¹⁵³ Sm	15	6,8 10 ⁻⁴
¹⁷⁷ Lu	7	1,0 10 ⁻³

1. DPUI : Dose par unité d'incorporation

avec :

- D_l : dose efficace en 1 heure (μSv) à la limite de la zone selon le type de zone choisi et les valeurs figurant dans l'arrêté zonage,
- D_c : dose en 1 heure (μSv) due à la contamination atmosphérique,
- \dot{D}_e : débit d'équivalent de dose due à l'exposition externe (μSv/h) à 1 m de la source mesuré ou déduit du tableau I,
- C : temps de présence de la source dans l'heure considérée (h),
- R : rayon de la zone (m).

Si les dimensions calculées de la zone sont proches des dimensions de la pièce, la zone définie est étendue aux parois du local.

Exploitation de l'étude

Certaines des valeurs numériques indiquées ci-après sont tirées d'une étude réalisée dans un service de médecine nucléaire.

CAS DES TRAITEMENTS EN AMBULATOIRE

Le service de médecine nucléaire accueille des patients auxquels sont administrées des gélules de 200 à 700 MBq d'iode 131 à des fins de thérapie de pathologies thyroïdiennes.

→ Local d'administration

Le débit de dose correspondant à un patient auquel a été administrée une gélule de 700 MBq d'iode 131 est de l'ordre de 45 μSv/h à 1 mètre.

Compte tenu du court temps de présence du patient dans le service après administration de la gélule et du niveau d'activité, la contamination atmosphérique est négligeable et la dose associée de l'ordre, ou inférieure, à 1 μSv en 1 heure. À 1 mètre du patient, un travailleur est donc susceptible d'être exposé à environ 8 μSv en 1 heure si on considère 2 traitements dans l'heure et 5 minutes de présence par patient.

En pratique le local où a lieu l'administration de la gélule est, dans la majorité des cas, la salle d'injection dédiée aux applications diagnostiques. Le fait d'y administrer des gélules d'iode 131 ne conduit pas à modifier le zonage de cette salle qui reste classée en zone contrôlée jaune.

CAS DES TRAITEMENTS EN HOSPITALISATION (figure 1 page suivante)

Le secteur d'hospitalisation de radiothérapie interne vectorisée est composé de 4 chambres conçues pour accueillir des patients auxquels sont administrées des gélules de 3,7 GBq d'iode 131 .

→ Chambres

Le débit de dose correspondant à un patient auquel a été administrée une gélule de 3,7 GBq d'iode 131 est de l'ordre de 240 $\mu\text{Sv/h}$ à 1 mètre.

L'exposition par inhalation liée à la contamination atmosphérique (activité volumique mesurée dans les chambres pouvant atteindre 540 Bq/m^3) est susceptible de conduire à une dose engagée de 13 μSv par heure passée dans les chambres (sur la base de 1,2 m^3 d'air respiré par heure).

À 1 mètre du patient, un travailleur est donc susceptible d'être exposé à environ 250 μSv en 1 heure.

Chaque chambre sera donc classée en zone contrôlée jaune. Il n'y a pas lieu de définir une zone orange car elle se confond avec le patient.

→ Couloir

Derrière les portes plombées des chambres, on mesure au maximum un débit d'équivalent de dose de 4 $\mu\text{Sv/h}$.

Un niveau de contamination atmosphérique de 220 Bq/m^3 a été mis en évidence dans le couloir. La dose engagée associée à une présence d'1 heure dans le couloir est donc de l'ordre de 5 μSv . Un travailleur est donc susceptible d'être exposé à environ 9 μSv en 1 heure.

Le couloir d'accès aux chambres sera classé en zone contrôlée verte.

→ Local d'entreposage des déchets

Les débits de dose mesurés autour des poubelles entreposées dans ce local sont de l'ordre de 80 μSv par heure. En outre, un niveau de contamination atmosphérique d'environ 10 Bq/m^3 a été mis en évidence. La dose engagée associée à une présence d'1 heure dans le local est donc de l'ordre de 0,25 μSv . Un travailleur est donc susceptible d'être exposé à environ 80 μSv en 1 heure.

Ce local sera donc en zone contrôlée jaune.

→ Local d'entreposage des effluents (cuves)

Les débits de dose mesurés dans ce local sont de l'ordre de 100 $\mu\text{Sv/h}$ et atteignent 300 $\mu\text{Sv/h}$ au voisinage des cuves installées derrière un paravent plombé. Un niveau de contamination atmosphérique de 450 Bq/m^3 a été mis en évidence dans le local. La dose engagée associée à une présence d'1 heure dans le local est donc de l'ordre de 11 μSv . Un travailleur est donc susceptible d'être exposé à environ 110 μSv en 1 heure dans la pièce, à environ 310 μSv en 1 heure s'il doit accéder aux cuves. Ce local sera donc en zone contrôlée jaune.

Composition du comité scientifique

INSTITUTIONS

Autorité de sûreté nucléaire (ASN), Paris

- C. Hérain
- C. Machacek
- P. Ménéchal

Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

- B. Aubert
- D. Celier
- J.L. Rehel
- J.P. Vidal

Ministère du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social, Direction générale du travail (DGT), Paris

- T. Lahaye

Institut national de recherche et de sécurité (INRS), Paris

- C. Gauron

EXPERTS

- C. Barret, Hôpital Salpêtrière, AP-HP Paris
- A. Biau, expert
- D. Donnarieix, Centre Jean Perrin, Clermont-Ferrand
- D. Gambini, Service central de la médecine du travail, AP-HP Paris
- C. Gondran, hôpital René Huguenin, Institut Curie, Paris
- N. Pierrat, Institut Curie, Paris
- C. Guérin, Hôpital Necker, AP-HP Paris
- J.L. Marande, Hôpital Cochin, Paris
- J. Mercier, Association française des techniciens en médecine nucléaire, Charleville-Mézières
- F. Paycha, CHU Louis Mourier, AP-HP de Colombes

↓ Figure 1

> PROPOSITION DE ZONAGE D'UNE UNITÉ DE RADIOTHÉRAPIE INTERNE VECTORISÉE

