

Médecine nucléaire

Diagnostic *in vivo* hors TEP ⁽¹⁾

Définition : acte à visée diagnostique utilisant des radionucléides artificiels administrés en sources non scellées à un patient.

La détention et l'utilisation de radionucléides à des fins de médecine nucléaire sont subordonnées à une autorisation préalable de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)⁽²⁾ en application du Code de la santé publique.

L'autorisation est personnelle, non transférable et délivrée pour une période n'excédant pas 5 ans, renouvelable à la demande de l'intéressé, à un médecin possédant les qualifications requises ; elle 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

L'ensemble des dispositions ci-après s'applique aux salariés de l'établissement, aux travailleurs indépendants, aux intérimaires et aux salariés des entreprises intervenantes. Ces dispositions imposent une coordination des mesures de radioprotection entre les différents intervenants, assurée par l'employeur de l'établissement où sont mises en œuvre les sources.

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 ou à son entourage et, si nécessaire, au personnel du service hospitalier accompagnant ou accueillant le patient (arrêté du 21 janvier 2004⁽³⁾).

Principaux personnels concernés :

- médecin ;
- personnel paramédical : manipulateurs en électroradiologie médicale (MERM), préparateur en pharmacie⁽⁴⁾, infirmier ;
- personne spécialisée en radiophysique médicale (PSRPM) ;
- radiopharmacien⁽⁴⁾ ;

Cette fiche, qui fait partie d'une collection réalisée par type d'activité, concerne les installations de médecine nucléaire. 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...), 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 dans le domaine médical (cf. fiche FR3).

L'ensemble de cette collection a été réalisé par un groupe de travail 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). Voir la composition du groupe page 660.

Cette fiche annule et remplace la fiche ED 4238 et la fiche correspondante du TC 106.

(1) TEP : Tomographie par émission de positons

(2) www.asn.fr

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

(4) Si existence d'une pharmacie à usage intérieur (PUI), soumise à une autorisation par l'agence régionale de santé (ARS).

- stagiaire ;
- personnel d'entretien ;
- personnel de maintenance ;
- personnel du service technique.

2. DÉROULEMENT DES PROCÉDURES

- La mise en œuvre des radionucléides se déroule selon différentes séquences :
 - réception, entreposage ;
 - manipulation, préparation, contrôle de qualité et dispensation des radiopharmaceutiques ;
 - administration des radiopharmaceutiques et attente des patients ;
 - examens et interprétation ;
 - entretien médical et consignes de sortie ;
 - collecte, gestion et élimination des déchets et effluents ;
 - contrôle de qualité et étalonnage des appareils avec utilisation de sources scellées ou non scellées.
- Sauf exception appréciée par l'équipe médicale, les accompagnants ne sont pas autorisés à pénétrer dans les zones réservées à l'injection des radiopharmaceutiques aux patients, à l'attente des patients après injection et à l'examen.

3. DANGERS

Sources scellées et générateur X	Sources non scellées
Émission de rayonnements γ provenant de sources d'étalonnage et de sources de repérage	Émission de rayonnements X, γ , β et dispersion de radionucléides
Exemples : cobalt 57 pour les caméras à scintillations..., baryum 133 ou césium 137 pour les activimètres...	Exemples : technétium 99m, iode 123, thallium 201...
Émission de rayonnements X si utilisation d'un scanner (cf. fiche FR4)	

4. IDENTIFICATION DU RISQUE RAYONNEMENT IONISANT

Sources scellées et générateur X	Sources non scellées
Exposition externe à distance ou au contact	Exposition externe à distance ou au contact
	Exposition interne (inhalation ou ingestion ou plaie cutanée)

Cf. tableaux des principaux radionucléides (RN) en **annexe 1**.

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 (art. R. 4451-105 du Code du travail).

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.

Les niveaux d'exposition sont estimés par des :

- données individuelles :
 - historique des expositions externes et internes du personnel ;
 - résultats de la dosimétrie individuelle passive et opérationnelle ;
 - résultats des dosimètres des extrémités ;
 - résultats de la surveillance systématique par l'examen radiotoxicologique des urines et/ou si possible l'examen anthroporadiométrique.
- données collectives :
 - résultats des contrôles d'ambiance (mesures du rayonnement photonique ambiant) ;
 - résultats des contrôles de non-contamination de locaux avec des radiamètres adaptés ;
 - résultats des contrôles de radioprotection de l'installation (à la mise en service puis périodiquement).

Pour la réalisation de cette étude, la PCR peut faire appel aux compétences de la PSRPM.

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 :

- Les locaux dans lesquels des radionucléides sont susceptibles d'être manipulés régulièrement sont classés en zone contrôlée :
 - zone de réception des produits radioactifs ;
 - laboratoire chaud (radiopharmacie PUI⁽⁵⁾) ;
 - salles d'administration des radionucléides (RN) ;

(5) PUI : Pharmacie à usage intérieur.

- zones de manipulation et d'entreposage des déchets solides et liquides.
- les salles d'examens sont classées en zone contrôlée,
- les autres locaux d'accès réglementé sont classés en zone surveillée.

Toutefois, ce classement peut être requalifié, en fonction des niveaux d'exposition ; ainsi, s'assurer que les valeurs mesurées respectent les prescriptions de l'arrêté relatif à la délimitation des zones réglementées. De même, certaines parties de locaux peuvent nécessiter un classement spécifique (exemple : boîte à gants).

Cette fiche est complétée par un exemple d'étude de poste en **annexe 2**.

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 études de poste propres à chaque service.**

À titre indicatif :

Personnel concerné	Catégorie proposée
Médecin nucléaire Radiopharmacien	A ou B en fonction des pratiques et de l'évaluation des risques au poste de travail
Cardiologue surveillant l'examen	B
Manipulateur, technicien de laboratoire, infirmier	A B en l'absence de manipulation de source et en fonction des études de poste
Radiophysicien (personne spécialisée en radiophysique médicale – PSRPM)	B
Personnel d'entretien	B
Stagiaire	A ou B selon le poste d'affectation <i>Nota : pas de poste d'affectation impliquant un classement en cat. A pour un stagiaire < 18 ans</i>
Autre personne susceptible 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

4. Choix de la surveillance dosimétrique

Dosimétrie externe passive	Dosimétrie opérationnelle	Dosimétrie interne
<p>CATÉGORIE A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dosimétrie poitrine mensuelle • Dosimétrie des extrémités par bague si manipulation de sources radioactives 	Obligatoire en zone contrôlée	Examen radiotoxologique des urines (difficilement adaptable aux radionucléides de très courte période : technétium 99m, fluor 18) et/ou si possible anthroporadiométrique
<p>CATÉGORIE B</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dosimétrie poitrine mensuelle ou trimestrielle selon l'étude de poste • Dosimétrie des extrémités par bague si manipulation de sources radioactives <p><i>Nota : vérifier si les valeurs obtenues en expositions annuelles des extrémités permet toujours un classement en catégorie B</i></p>		
<p>NON CLASSÉ</p> <p>Appréciation au cas par cas</p>	Obligatoire pour pénétrer en zone contrôlée (dosimètre opérationnel ou tout autre moyen de mesure)	Sans objet

6. STRATÉGIE DE MAÎTRISE DE RISQUE

1. Réduction des risques

Mise en œuvre des sources et installation par des professionnels formés et qualifiés

■ Prévention générale :

- connaître et respecter les consignes de travail et de sécurité ;
- utiliser des accessoires de protection (cf. § 6.3), en donnant la priorité aux équipements de protection collective.

■ Manipulation :

- confiner les sources, utiliser les activités strictement nécessaires et ranger les sources après utilisation ;
- limiter le temps de manipulation des sources ;

- limiter le temps de présence auprès d'un patient injecté ;
- travailler en évitant les contaminations de surface, contrôler régulièrement l'absence de contamination.

2. Mesures techniques concernant l'installation

L'installation doit être conçue, aménagée et équipée conformément aux règles de radioprotection en vigueur dont les principales dispositions sont rappelées ci-après :

Mesures générales

- La hiérarchisation des locaux est prévue en tenant compte du niveau d'activité des sources.
- Les locaux où sont détenues et utilisées les sources doivent être :
 - situés à l'écart des circulations générales,
 - regroupés,
 - signalés.
- L'accueil, le secrétariat, les bureaux, la salle de détente du personnel doivent être implantés en zone non réglementée.
- Le sas vestiaire pour le personnel est conçu et aménagé pour permettre la séparation dans deux secteurs distincts des vêtements de ville et des vêtements de travail (y compris les chaussures), et comporte douche et lavabo.
- Un moyen de contrôle des contaminations externes des mains et des pieds à l'entrée du vestiaire (côté locaux techniques) est nécessaire.
- Dans les cas où la caméra est couplée à un scanner, la salle devra répondre aux critères d'aménagement des scanographes (cf. fiche FR 4 « Scanographie en milieu médical »).

Mesures techniques concernant les locaux classés « zone contrôlée ou surveillée »

- Le revêtement des sols (à remonter sur les plinthes), des murs et des surfaces de travail doit être en matériau lisse, imperméable, sans joint et facilement décontaminable.
- Les parois du laboratoire chaud et de la salle d'injection doivent être spécialement renforcées.
- Un guichet pour le transfert des sources est recommandé entre le laboratoire chaud et la salle d'injection.
- La ventilation doit être indépendante du système général de ventilation et doit permettre une mise en dépression des locaux et un renouvellement d'air de 10 volumes/heure pour le laboratoire chaud et de 5 volumes/heure minimum pour les autres locaux ; l'extraction de l'air se fera sans risque de recyclage et à distance de toute prise d'air neuf par cheminée (attention à ce que les rejets de la cheminée n'entraînent pas de risque d'exposition humaine).
- Le dispositif de captation de l'air doit se situer au plus près de la tête du patient lors des examens ventilatoires et être raccordé à une gaine d'extraction indépendante.
- Les éviers doivent comporter des robinets à commande non manuelle, reliés à des cuves de décroissance quand ils sont

susceptibles de recevoir des effluents liquides contaminés. Dans ce cas, ces éviers doivent être clairement identifiés.

- La bonde au sol du laboratoire chaud et de la salle d'injection est reliée aux cuves de décroissance.
- Les hottes et enceintes blindées de préparation des sources (adaptées à la nature et à l'activité des radionucléides) sont équipées de gants et d'un système de ventilation indépendant avec filtres (ces filtres sont changés tous les ans). Il convient d'obtenir du fournisseur les radionucléides et les activités maximales pouvant y être stockés et manipulés.
- Du matériel de détection des contaminations et de mesure du champ de rayonnement doit être présent. Ce matériel doit être régulièrement entretenu et contrôlé.
- Le stockage de radiopharmaceutiques destinés à la manipulation et les mesures d'activité des sources doivent avoir lieu dans le laboratoire chaud.

Mesures concernant les déchets solides radioactifs ⁽⁶⁾

- Tri et conditionnement des déchets le plus en amont possible.
- Dépôt des déchets dans des réceptacles adaptés aux radionucléides (poubelles, boîtes à aiguilles plombées...).
- Entreposage et réserve des déchets dans le local de l'unité de médecine nucléaire conçu à cet effet, selon la nature et la période des radionucléides (moins de 24 heures, moins de 8 jours, plus de 8 jours). La durée d'entreposage ne peut être inférieure à 10 périodes.
- Tenue d'un registre permettant d'assurer la traçabilité des déchets.
- Contrôle par détecteur dont le seuil est réglé de 1,5 à 2 fois le bruit de fond.
- Intégration des modalités de gestion des déchets précisées dans le plan de gestion des déchets et effluents radioactifs de l'établissement.

Mesures concernant les effluents liquides radioactifs (dits contaminés par des radionucléides) ⁽⁶⁾

- Cuves de décroissance recevant les liquides radioactifs des laboratoires :
 - présence d'au moins 2 cuves fonctionnant alternativement en remplissage et en stockage de décroissance, facilement décontaminables, situées dans un local indépendant, correctement ventilé, balisé et fermé à clef ;
 - équipement d'un indicateur de niveau (avec renvoi de l'information dans l'unité de médecine nucléaire), d'un dispositif de prélèvement en position haute et d'un indicateur de débordement (avec renvoi de l'information dans l'unité de médecine nucléaire et au PC sécurité de l'établissement) ;
 - cuvelage de sécurité recouvert d'un revêtement décontaminable pour la rétention de liquide en cas de fuite. Ce cuvelage doit être muni d'un détecteur de fuite avec renvoi dans

(6) Arrêté du 23 juillet 2008 portant homologation de la décision n° 2008-DC-0095 fixant les règles techniques auxquelles doit satisfaire l'élimination des effluents et des déchets contaminés par des radionucléides.

l'unité de médecine nucléaire et au PC sécurité de l'établissement ;

- mesure d'un échantillon avant la fermeture des cuves pour calculer le temps nécessaire permettant d'atteindre une activité volumique inférieure ou égale à 10 Bq/L ;

- tenue d'un registre réservé à la gestion des cuves où sont consignés la nature des radionucléides, les activités initiales, les temps de séjour requis, les dates de début, de fin de remplissage et de vidange des cuves ainsi que les résultats des contrôles ;

■ Sanitaires réservés aux patients injectés :

- présence d'une fosse de décroissance (type fosse septique ou système équivalent) interposée entre les sanitaires et le collecteur de l'établissement afin d'éviter un rejet direct dans le réseau d'assainissement. Il est recommandé de prévoir des dispositions permettant de maîtriser les dysfonctionnements éventuels de ce type d'installation.

■ Contrôles réguliers de l'activité volumique à l'émissaire de l'établissement : fréquence à définir dans le plan de gestion des déchets et des effluents radioactifs de l'établissement.

■ Intégration des modalités de gestion des déchets précisées dans le plan de gestion des déchets et effluents radioactifs de l'établissement.

Contrôles réguliers :

- du matériel de détection,
- de l'activimètre,
- des sources scellées,
- des hottes et enceintes,
- des filtres,
- de la ventilation générale.

3. Mesures de protection

■ Gants à usage unique :

- à porter lors de toute manipulation 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 radioactifs.

■ Lavage régulier des mains.

Contrôle systématique des mains et pieds après manipulation et avant la sortie de l'unité de médecine nucléaire.

■ Port de vêtements de travail (tunique à manches longues recommandées) et surchaussures réservées à l'unité de médecine nucléaire, sans objet personnel ni bijou.

■ Utilisation de pinces longues pour la manipulation des flacons de radionucléides.

■ Écrans de protection dont la nature et l'épaisseur sont adaptés à l'énergie des radiopharmaceutiques utilisés :

- protège-seringues, protège-flacons ;
- écrans de protection mobile.

Alors qu'il est efficace en radiologie classique, le port de tablier de protection radiologique en médecine nucléaire n'apporte que peu de gain en radioprotection :

- en radiologie classique, atténuation d'un facteur 50,
- atténuation d'un facteur 2 en cas d'utilisation de technétium,
- atténuation encore plus faible pour les énergies supérieures à 150 keV.

4. Formation et information

■ Remise par l'employeur à chaque personne susceptible d'intervenir dans les zones contrôlées d'une notice d'information spécifique à l'unité.

■ Diffusion de consignes générales de sécurité applicables dans l'unité de médecine nucléaire (incluant notamment les consignes « incendie »).

■ Mise à disposition de la conduite à tenir en cas d'incident de contamination.

■ Affichage des 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.

■ Information et formation des personnels :

- organisées avec la PCR et le médecin du travail,
- renouvellement de la formation, adaptée au risque encouru, au moins tous les 3 ans,
- sensibilisation des femmes sur la nécessaire déclaration précoce de grossesse et sur les éventuels aménagements du poste de travail applicables après avis du médecin du travail.

■ Information des personnes accompagnant les patients et des services devant les accueillir visant à limiter l'exposition des personnes qui seront en contact avec eux et à gérer les déchets éventuels (couches, pansements...).

Rappel : à distinguer de la formation à la radioprotection des patients qui est renouvelée au moins tous les 10 ans.

5. Prévention

■ Fiche d'exposition :

- établie par l'employeur ;
- comportant la nature du travail et des rayonnements, les caractéristiques des sources, les périodes d'expositions (avec les expositions anormales éventuelles) et les autres risques ;
- mention souhaitable de l'évaluation de dose prévisionnelle individuelle.

■ Surveillance dosimétrique :

- Dosimétrie passive :

Mise en place :

- Chaque employeur (y compris le chef d'entreprise extérieure ou de travail temporaire) 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 à la charge de l'employeur de la personne sous l'autorité de laquelle il est placé.

Communication des résultats :

- Le médecin du travail communique et commente les résultats dosimétriques individuels au salarié.
- L'organisme agréé chargé du traitement des dosimètres communique les résultats au travailleur une fois par an.

Dans le cas d'exercice sur différents sites, 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 afin de faciliter l'identification des niveaux et de l'origine des expositions ⁽⁷⁾.

- 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.
- Entreprise de travail temporaire : la dosimétrie opérationnelle est à la charge de l'entreprise utilisatrice.
- Stagiaires : la dosimétrie opérationnelle est à la charge de l'employeur de la personne sous l'autorité de laquelle il est placé.

Paramétrage :

- la PCR paramètre les seuils d'alarme des dosimètres opérationnels qu'elle fournit.

Communication des résultats :

- La PCR communique les résultats aux intéressés, au médecin du travail et à l'IRSN (SISERI ⁽⁸⁾). En cas de mise à disposition de dosimètres opérationnels par l'entreprise utilisatrice, sa PCR 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.
- Déclarer tout dysfonctionnement, incident et accident au responsable de l'unité de médecine nucléaire et à la PCR qui prennent toutes dispositions pour maîtriser l'événement, en connaître les causes et en tirer les enseignements.
- Prévenir les différentes personnes concernées : l'employeur, la PCR ainsi que le médecin du travail (cf §7).
- Si nécessaire, prévoir une déclaration de matériovigilance auprès de l'AFSSAPS, Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (et du référent éventuel du site).

(7) Circulaire DGT ASN n°4 du 21 avril 2010.

(8) SISERI : système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants.

- En cas d'événement significatif en radioprotection, s'il répond aux critères définis dans le guide de l'ASN n° 11 ⁽⁹⁾ (notamment le critère 1 : exposition des travailleurs), déclarer l'événement à la Division de l'ASN ⁽¹⁰⁾ territorialement compétente.

- En cas de suspicion de dépassement des valeurs limites réglementaires : prévenir l'inspecteur du travail.

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

7. SURVEILLANCE MÉDICALE

1. Surveillance médicale renforcée

- Personnel de l'établissement

- Visite médicale :

- avant affectation au poste puis visite au moins une fois par an ;
- individualisée en s'appuyant sur la fiche d'exposition du travailleur établie par l'employeur ;

- information spécifique aux femmes en âge de procréer sur la compatibilité réglementaire et médicale du poste avec la grossesse et/ou l'allaitement ;

- recherche de lésions cutanéomuqueuses (y compris les tympons) pouvant favoriser la pénétration de radionucléides et gêner la décontamination ;

- évaluation au cas par cas des répercussions d'autres pathologies sur les conséquences radiobiologiques d'une contamination.

- Examens complémentaires :

- le médecin du travail peut demander tout examen complémentaire et/ou spécialisé qu'il juge nécessaire ;

- examens anthroporadiométriques et/ou radiotoxicologiques urinaires en cas de risque de contamination interne ; la fréquence est adaptée à la période effective et à l'évaluation du risque de contamination ;

- numération formule sanguine (NFS) à l'embauche 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 de prendre les dispositions nécessaires afin d'être suivis par un médecin du travail, dès lors qu'il existe, pour eux-mêmes, un risque d'exposition généré par leur activité.

- Personnel d'entreprise de travail temporaire (manipulateur...)

- Le médecin du travail de l'entreprise utilisatrice est tenu de

(9) ASN : [www.asn.fr/Professionnels/Les guides de déclaration des événements significatifs](http://www.asn.fr/Professionnels/Les_guides_de_declaration_des_evenements_significatifs).

(10) Divisions de l'ASN : www.asn.fr/index.php/L-ASN-en-region

vérifier, avant le début de la mission, l'absence de contre-indications médicales à l'affectation au poste occupé. Il prescrit les examens complémentaires éventuellement nécessaires et informe de leurs résultats le médecin du travail de l'entreprise de travail temporaire. Ces examens sont à la charge de l'entreprise utilisatrice.

- Le médecin du travail de l'entreprise utilisatrice suit médicalement les salariés affectés aux postes nécessitant une surveillance médicale renforcée en raison du risque du poste occupé pendant toute la durée de leur mission.

■ Entreprises extérieures (installateur, technicien de maintenance...)

- Mise en place d'un plan de prévention précisant les obligations respectives de l'employeur et de l'entreprise extérieure.

- Le médecin du travail de l'entreprise utilisatrice assure, pour le compte de l'entreprise extérieure, la réalisation des examens complémentaires rendus nécessaires par la nature et la durée des travaux effectués par le salarié de l'entreprise extérieure dans l'entreprise utilisatrice.

- Les résultats en sont communiqués au médecin du travail de l'entreprise extérieure qui déterminera l'aptitude au poste.

- Le responsable de l'entreprise utilisatrice doit faciliter l'accès au poste de travail au médecin du travail de l'entreprise extérieure.

2. Grossesse

■ Il est indispensable d'inciter le personnel féminin à informer le plus tôt possible le médecin du travail de sa 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.

■ En cas du maintien dans l'unité, une dosimétrie opérationnelle permanente est fortement recommandée et **une attention particulière doit être portée sur les risques de contamination.**

3. Allaitement

■ Aucune femme allaitant ne peut être affectée à un poste de travail comportant un risque d'exposition interne à des rayonnements ionisants.

■ Les tâches compatibles avec la poursuite de l'activité d'une femme allaitant sont définies par le médecin du travail en concertation avec la PCR en fonction des études de poste et doivent **exclure tout risque d'exposition interne** particulièrement lors de la manipulation et l'administration des radiopharmaceutiques (lors des travaux au laboratoire chaud, lors d'injection et réalisation de scintigraphie pulmonaire de ventilation).

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 ;

- les dates et les résultats des examens anthropométriques et radiotoxicologiques urinaires ;

- le relevé dosimétrique avec les doses efficaces et les doses équivalentes.

● 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 de la main-d'œuvre 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.

■ Suivi post-professionnel

Il est établi conformément à l'arrêté du 28 février 1995 (pris en application de l'article D. 481-25 du Code de la Sécurité sociale 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) ; l'attestation d'exposition est délivrée par l'employeur.

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.

- Dans tous les cas, la PCR, le chef de service et le médecin du travail doivent être prévenus 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 test urinaire sur 24 h en vue d'une analyse radiotoxicologique en urgence ; celle-ci sera associée si possible à un examen anthroporadia-

métrique 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 sous l'eau à température ambiante.

- 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 et contacter le dispositif d'alerte de l'IRSN (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 mouchage dans un mouchoir jetable et un contrôle de l'activité de ce papier ;

- un renouvellement de l'examen anthroporadiométrique et/ou de l'examen radiotoxicologique urinaire ;

- une mesure de l'activité surfacique cutanée (appui possible de l'IRSN).

- 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.

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

■ Contamination des locaux et/ou du matériel :

- 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.

- Toute contamination de locaux, de surface de travail ou de vêtement doit être éliminée dès sa détection, puis son origine recherchée. Elle doit faire suspecter une contamination éventuelle de personne.

- La PCR évalue l'importance de la contamination et effectue la décontamination (port de gants, surblouse et surchaussures obligatoire) avec du matériel jetable selon les consignes affichées dans le local.

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 dépassements 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 du médecin du travail ainsi que la consultation des relevés annuels des doses individuelles permettent d'apprécier l'évolution des expositions externes et internes 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...

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 (FONTENAY-AUX-ROSES)
- A. BIAU (LE VÉSINET)
- J.L. REHEL (FONTENAY-AUX-ROSES)
- J.P. VIDAL (FONTENAY-AUX-ROSES)

■ MINISTÈRE DU TRAVAIL, DE L'EMPLOI ET DE LA SANTÉ

DIRECTION GÉNÉRALE DU TRAVAIL (DGT), PARIS :

- R. BARBE
- T. LAHAYE

■ INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ (INRS), PARIS

- C. GAURON

Experts

- C. BARRET, HÔPITAL SALPETRIÈRE, AP-HP PARIS

- 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

- 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 COLOMBES

- N. PIERRAT, INSTITUT CURIE, PARIS

Caractéristiques des principaux radionucléides utilisés en médecine nucléaire en diagnostic in vivo.

Radionucléides utilisés en sources non scellées pour le diagnostic <i>in vivo</i>		Période	Nature des principales émissions
Chrome 51	⁵¹ Cr	27,7 jours	Gamma
Gallium 67	⁶⁷ Ga	3,26 jours	Gamma
Iode 123	¹²³ I	13,2 heures	Gamma
Iode 131	¹³¹ I	8 jours	Bêta et Gamma
Indium 111	¹¹¹ In	2,8 jours	Gamma
Krypton 81m	^{81m} Kr	13 secondes	Gamma
Technétium 99m	^{99m} Tc	6 heures	Gamma
Thallium 201	²⁰¹ Tl	3,04 jours	X, Gamma

Caractéristiques des principaux radionucléides utilisés en médecine nucléaire pour l'étalonnage et le contrôle.

Radionucléides utilisés en sources scellées		Utilisation	Période	Nature des principales émissions
Baryum 133	¹³³ Ba	Étalonnage	10,5 ans	Gamma
Cobalt 57	⁵⁷ Co	Étalonnage et repérage anatomique	272 jours	Gamma
Césium 137	¹³⁷ Cs	Étalonnage	30 ans	Bêta et Gamma



ANNEXE

EXEMPLE D'UNE ÉTUDE DE POSTE EN MÉDECINE NUCLÉAIRE

Diagnostic *in vivo* hors TEP

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 dans les services de médecine nucléaire destinés au diagnostic *in vivo* hors TEP, 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 équipement de protection collective et donc sont pris en compte pour le zonage. En médecine nucléaire, le zonage doit prendre en compte l'exposition du corps entier et/ou celle des extrémités en fonction des tâches réalisées et des risques associés.

→ 1. 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 une 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 :

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

avec :

- D_l : valeur de la dose efficace en une heure (μSv) à la limite de la zone selon le type de zone choisi et les valeurs figurant dans l'arrêté zonage,
- C : temps de présence de la source dans l'heure considérée (h),
- \dot{D}_e : valeur en débit de dose due à l'exposition externe ($\mu\text{Sv/h}$) à 1 m de la source mesurée ou déduite du *tableau 1*,
- 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.

Pour un service de médecine nucléaire réalisant des diagnostics *in vivo*, le risque principal est dû à l'exposition externe et non à la contamination atmosphérique même en cas d'exploration pulmonaire. La dose efficace engagée consécutive à la contamination interne est généralement très faible ($< 1 \mu\text{Sv}$ par mois) et donc considérée comme négligeable.

Tableau 1 : Récapitulatif des principaux radionucléides utilisés, des activités administrées et des débits d'équivalent de dose associés (d'après Delacroix D, Guerre JP, Leblanc P [Guide pratique radionucléides et radioprotection. Manuel pour la manipulation de substances radioactives dans les laboratoires de faible et moyenne activité. 2^e édition. Les Ulis : EDP Sciences ; 2006 : 262 p.] pour une source de 10 ml en flacon).

Radionucléide	Débit à 1m ($\mu\text{Sv/h/GBq}$)	Radionucléide	Débit à 1m ($\mu\text{Sv/h/GBq}$)
^{51}Cr	5,3	^{111}In	72
$^{57}\text{Co}^*$	22	^{123}I	34
^{67}Ga	25	^{201}Tl	18
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	22		

* en source scellée pour contrôle de qualité des caméras à scintillations.

→ 2. En ce qui concerne les extrémités, il est difficile d'envisager que dans des conditions habituelles de travail, la limite de 50 mSv en une heure (zone jaune/zone orange) puisse être dépassée, aussi les hottes et enceintes blindées seront au plus classées en zone jaune.

Exploitation de l'étude

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

Il s'agit d'un service de médecine nucléaire qui ne réalise que des explorations diagnostiques hors examens TEP. Il est composé de salles d'examen, d'une radiopharmacie, d'une salle d'injection et d'une salle d'attente après injection (dite chaude). La première étape consiste à faire, par type de local, le bilan des tâches réalisées, des radionucléides utilisés et des gammes d'activité associées pour l'heure la plus pénalisante.

1. Circulaire DGT/ASN n°04 du 21 avril 2010 relative aux mesures de prévention des risques d'exposition des rayonnements ionisants.

→ Sas de livraison

Lors de la réception de générateurs de ^{99m}Tc , les débits de dose équivalent sont de l'ordre de $30 \mu\text{Sv/h}$ dans le local au niveau de la porte. Les colis peuvent rester dans ce local plus d'une heure : on classera cette zone en tant que zone contrôlée jaune même si d'autres radionucléides sont présents.

Le hall, par lequel les livraisons sont effectuées, est en zone non réglementée ($< 80 \mu\text{Sv}$ par mois).

→ Radiopharmacie (laboratoire chaud)

Les résultats des mesures d'ambiance et de la dosimétrie permettent de classer ce local en zone surveillée du point de vue de l'exposition due aux radiopharmaceutiques stockés dans les enceintes blindées. Cependant, aux abords des poubelles plombées, le personnel peut être exposé à des débits de dose entre $7,5$ et $10 \mu\text{Sv/h}$ à 50 cm .

Ainsi, le local sera classé en zone contrôlée verte. Compte tenu de la manipulation de flacons et seringues, et de niveaux d'activité élevés (jusqu'à 20 GBq de ^{99m}Tc), l'enceinte blindée sera classée en zone contrôlée jaune.

→ Salle d'injection

La source considérée est le patient après injection. Le débit à 1 m d'un patient injecté pour une scintigraphie osseuse avec 700 MBq de ^{99m}Tc (cas le plus pénalisant) est de l'ordre de $15 \mu\text{Sv/h}$. Si on procède à 6 injections en une heure, à raison de 5 mn par patient (en prenant en considération les patients difficiles à injecter), la dose efficace susceptible d'être reçue en 1 heure est de $7,5 \mu\text{Sv}$ d'où une zone contrôlée jaune de 50 cm de rayon autour du patient qui peut être étendue à l'ensemble du local. L'exposition des extrémités ne conduit pas à modifier ce zonage.

→ Salle d'attente chaude

Cette salle peut accueillir 9 patients en même temps. Avec une hypothèse majorante de 6 patients injectés avec 700 MBq de ^{99m}Tc , le débit de dose instantané mesuré au centre de la pièce est de $40 \mu\text{Sv/h}$. Cette zone sera donc classée en zone contrôlée jaune.

→ Salle d'effort

Dans cet exemple les scintigraphies cardiaques sont réalisées avec du ^{201}Tl . À 1 m du patient, le débit mesuré est d'environ $2 \mu\text{Sv/h}$. Ce local sera donc classé en zone contrôlée verte. Il n'y a pas lieu de définir une zone contrôlée jaune car elle se confond avec le patient. Si des examens sont réalisés avec du ^{99m}Tc , avec une zone contrôlée jaune d'environ 50 cm pourra être définie autour du patient.

→ Salle caméra à scintillations

Cette salle est utilisée pour la réalisation des scintigraphies thyroïdiennes à ^{123}I et de scintigraphies osseuses au ^{99m}Tc . Le cas le plus pénalisant (scintigraphie osseuse) est retenu. Le débit de dose équivalent à un mètre d'un patient est d'environ $8 \mu\text{Sv/h}$ (délai de $2,5$ à 3 h après injection). Deux examens sont réalisés par heure. En prenant en compte un temps de présence des patients en salle de 50 min (25 min par examen et 10 min entre chaque examen), la dose susceptible d'être reçue à un mètre en une heure est d'environ $7 \mu\text{Sv}$.

La salle sera donc classée en zone contrôlée verte avec une zone contrôlée jaune d'environ 50 cm autour du patient.

À la console d'acquisition, derrière le paravent plombé (1 mm équivalent plomb), le débit de dose équivalent est $< 1 \mu\text{Sv/h}$. Cette zone peut donc être classée en zone surveillée.

Si cette salle est dédiée exclusivement à une autre application clinique (cœur, thyroïde...) le calcul sera fait selon la méthodologie ci-dessus adaptée au radionucléide et à l'activité utilisée ainsi qu'au nombre et à la durée des examens.

Si la caméra est couplée à un scanner, se rajoute l'exposition consécutive à l'acquisition scanographique. Un scanner (abdominopelvien) délivre une dose à un mètre d'environ $40 \mu\text{Sv}$, soit $80 \mu\text{Sv}$ pour 2 scanners dans l'heure. Au total l'exposition sur une heure s'élève à $90 \mu\text{Sv}$ à 1 m . La salle caméra-TDM sera classée en zone contrôlée jaune (la zone orange se confondrait avec le patient).

→ Bureaux médicaux

Dans ces bureaux sont reçus les patients (injectés ou non) pour un entretien avec un médecin.

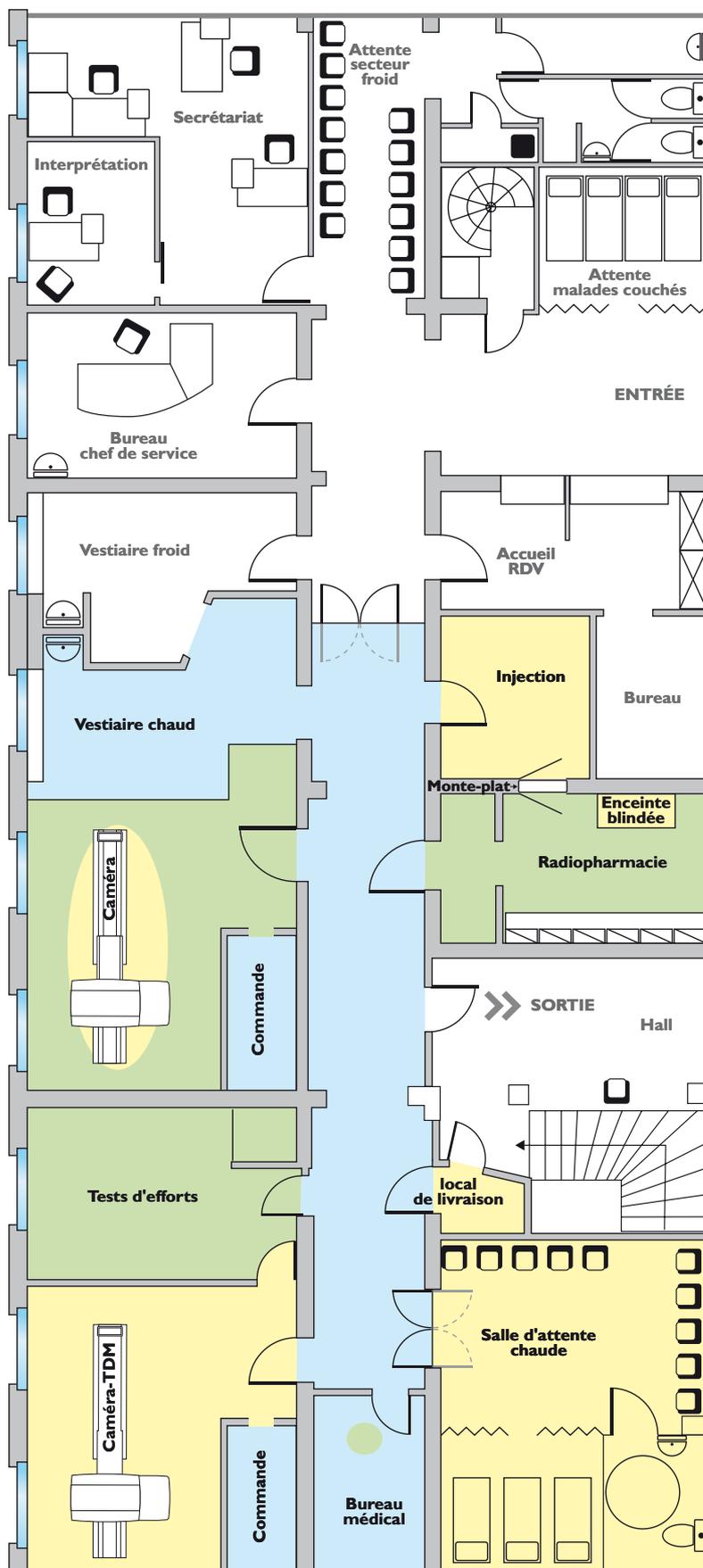
L'entretien dure environ 25 à 30 minutes et 2 patients sont reçus par heure. Dans le cas le plus pénalisant (scintigraphie osseuse), on se retrouve dans la situation de la salle n° 1. Ainsi la dose susceptible d'être reçue à un mètre en une heure est d'environ $7 \mu\text{Sv}$. Le local sera classé en zone surveillée avec une zone contrôlée verte de 1 m autour du patient.

→ Couloir

Les mesures dans le couloir, y compris en regard de la salle d'attente chaude, montrent un niveau d'exposition inférieur à $7,5 \mu\text{Sv}$ en une heure. Ainsi, le couloir est classé en zone surveillée.

Classification des travailleurs affectés à la médecine nucléaire

Compte tenu des différentes tâches (préparation de radiopharmaceutiques, injections, réalisation de l'examen...) et des différences d'organisation d'un service à l'autre, il est difficile de proposer un exemple de classification. Il est recommandé de se reporter au classement proposé dans cette même fiche (cf. page 655), en portant une attention particulière à l'exposition des extrémités lors des préparations et des injections.



- Zone contrôlée verte
- Zone contrôlée jaune
- Zone surveillée bleue

Proposition de zonage d'un service de médecine nucléaire diagnostique sans unité TEP-TDM.